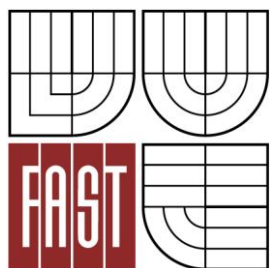




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV STAVEBNÍHO ZKUŠEBNICTVÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF BUILDING TESTING

PROHLÍDKA A PŘEDBĚŽNÝ PRŮZKUM SILNIČNÍHO MOSTU

INSPECTION AND PRELIMINARY SURVEY OF THE ROAD BRIDGE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

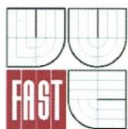
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

ROBERT KOCUBA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. PETR CIKRLE, Ph.D.

BRNO 2016



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program

B3607 Stavební inženýrství

Typ studijního programu

Bakalářský studijní program s prezenční formou studia

Studijní obor

3647R013 Konstrukce a dopravní stavby

Pracoviště

Ústav stavebního zkušebnictví

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student

Robert Kocuba

Název

Prohlídka a předběžný průzkum silničního mostu

Vedoucí bakalářské práce

Ing. Petr Cikrle, Ph.D.

**Datum zadání
bakalářské práce**

30. 11. 2015

**Datum odevzdání
bakalářské práce**

27. 5. 2016

V Brně dne 30. 11. 2015

prof. Ing. Leonard Hobst, CSc.
Vedoucí ústavu



prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

Cikrle, P. a kol. NDT zkoušení ve stavebnictví. Příručka kurzu ČŽV. VUT v Brně, 2010.
Kukaň, V., Šafář, R., Hrdoušek, V.: Betonové mosty 10, ČVUT Praha, 2004
Stráský, J., Klusáček, L., Panáček, J., Nečas, R., Zich, M.: Betonové mosty I. Modul CB1 až CB3 (studijní opora v elektronické podobě), VUT, Brno, 2006
Podklady poskytnuté firmou Mostní vývoj, s.r.o.
ČSN 73 6220, ČSN 736221 a další platné normy ČSN, EN.

Zásady pro vypracování (zadání, cíle práce, požadované výstupy)

Teoretická část:

Rešerše literatury, podkladů a platných norem se zaměřením na mostní názvosloví, evidenci mostů, druhy prohlídek mostů pozemních komunikací.

Materiál pro mostní konstrukce používaný v 1. pol. 20. století - popis, technologie, vlastnosti, zkoušení.

Praktická část:

Prohlídka vybraného mostního objektu.

Zpracování vzorového záznamu o prohlídce, schéma mostní konstrukce, dokumentace poruch.

Provedení a vyhodnocení zkoušek betonu - tvrdoměrných a pevnosti v tlaku na vývrtech.

Grafické a tabelární zpracování výsledků zkoušek.

Zhodnocení stavu mostu, ideový návrh sanace.

Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).



.....
Ing. Petr Cikrle, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá prohlídkou a předběžným průzkumem mostu s provedením zkoušek pevnosti betonu v tlaku na vývrtech. V teoretické části je provedena rešerše literatury, podkladů a platných norem se zaměřením na mostní názvosloví, evidenci mostů, druhy prohlídek, zkoušky mostních konstrukcí a materiál používaný na mostní konstrukce v první polovině 20. století. V praktické části jsou vyhodnoceny zkoušky pevnosti betonu v tlaku na vývrtech a tvrdoměrné zkoušky. Výsledkem této části je zhodnocení stavu mostu na základě prohlídky. Jednotlivým částem konstrukce je přidělena pevnostní třída betonu na základě zkoušek a také je zpracován ideový návrh sanace vybraného mostního objektu.

Klíčová slova

most, beton, železobeton, nomogram, diagnostika, prohlídka, tvrdoměrné zkoušky, jádrové vývrty, ultrazvuková impulzní metoda

Abstract

This bachelor's thesis is dealing with inspection and preliminary survey of the bridge by performing the tests of concrete compressive strength on bores. In the theoretical part is performed the review of literature, documents and applicable standarts, focusing on bridge terminology, records of bridges, types of inspections, tests of bridge constructions and material, which was used on bridge constructions in the first half of twentieth century. In the practical part are evaluated the tests of concrete compressive strength on bores and tests of hardness. The result of this part is the condition assessment of the bridge, based on the inspection. For every part of the construction is assigned the strength class of the concrete, based on the tests. Also, the conceptual design, which relates to remediation of the chosen bridge construction, is processed.

Keywords

Bridge, Concrete, Reinforced concrete, Nomogram, Diagnostics, Inspection, Tests of hardness, Nuclear bores, Ultrasonic impulse method

Bibliografická citace

Robert Kocuba. *Prohlídka a předběžný průzkum silničního mostu*. Brno, 2015. 68 s., 8 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavebního zkušebnictví. Vedoucí práce Ing. Petr Cíkrle, Ph.D.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 27. 5. 2016

.....
podpis autora
Robert Kocuba

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Petru Cíkrlovi, Ph.D. za vstřícnost při konzultacích, cenné rady, věcné připomínky, trpělivost a za celkovou pomoc při zpracování bakalářské práce.

Obsah

1	Úvod.....	10
1.1	Úvodní část.....	10
1.2	Metoda zpracování	11
1.3	Cíle práce	12
2	Teoretická část	13
2.1	Mostní objekty	13
2.1.1	Mosty pozemních komunikací.....	13
2.1.2	Třídění mostů podle úhlu křížení.....	13
2.1.3	Třídění mostů podle materiálu	14
2.2	Mostní názvosloví	14
2.3	Evidence mostů	15
2.3.1	Evidenční čísla mostů	15
2.3.2	Mostní listy	16
2.4	Prohlídky mostů pozemních komunikací.....	16
2.4.1	Klasifikační stupně stavu mostu	16
2.4.2	Druhy prohlídek	17
2.5	Diagnostický průzkum mostu	18
2.5.1	Nedestruktivní zkoušky	18
2.5.2	Semidestruktivní zkoušky.....	20
2.6	Mostní konstrukce 20. století	21
2.6.1	Dřevěné mosty	21
2.6.2	Železné mosty	22
2.6.3	Kamenné mosty	24
2.6.4	Betonové a Železobetonové mosty	26
3	Prohlídka mostního objektu	31
3.1	Základní informace	31
3.1.1	Spodní stavba.....	31
3.1.2	Nosná konstrukce.....	31

3.2	Lokalita	32
3.3	Stav objektu.....	33
3.3.1	Základy	33
3.3.2	Opěry	33
3.3.3	Nosná konstrukce.....	36
3.3.4	Čelní zeď.....	38
3.3.5	Římsy	38
3.3.6	Mostní svršek.....	39
3.3.7	Mostní vybavení	40
3.3.8	Vodní tok	41
4	Zkoušky betonu.....	42
4.1	Jádrové vývrty.....	42
4.2	Vyhodnocení nedestruktivní zkoušky	45
4.3	Pevnost v tlaku na vývrtech	46
4.4	Dynamický modul pružnosti betonu	47
4.5	Upřesnění nedestruktivních zkoušek.....	49
4.6	Charakteristická pevnost betonu	50
5	Celkové zhodnocení mostního objektu.....	52
5.1	Celkový stav objektu.....	52
5.2	Ideový návrh sanace	52
6	Závěr	54
	Seznam použitých zdrojů.....	55
	Seznam použitých zkratk	58
	Seznam obrázků.....	59
	Seznam grafů	60
	Seznam tabulek	60
	Seznam příloh	60

1 Úvod

1.1 Úvodní část

Most je dopravní stavba, která slouží k převedení silniční, železniční, tramvajové a pěší cesty přes terénní nerovnost, vodní tok nebo jinou komunikaci. Za most se považuje převedení překážky delší než 2,0 m. Kratší převedení než 2,0 m je považováno za propustek. Přemostění cesty pro pěší nazýváme lávka. [1]

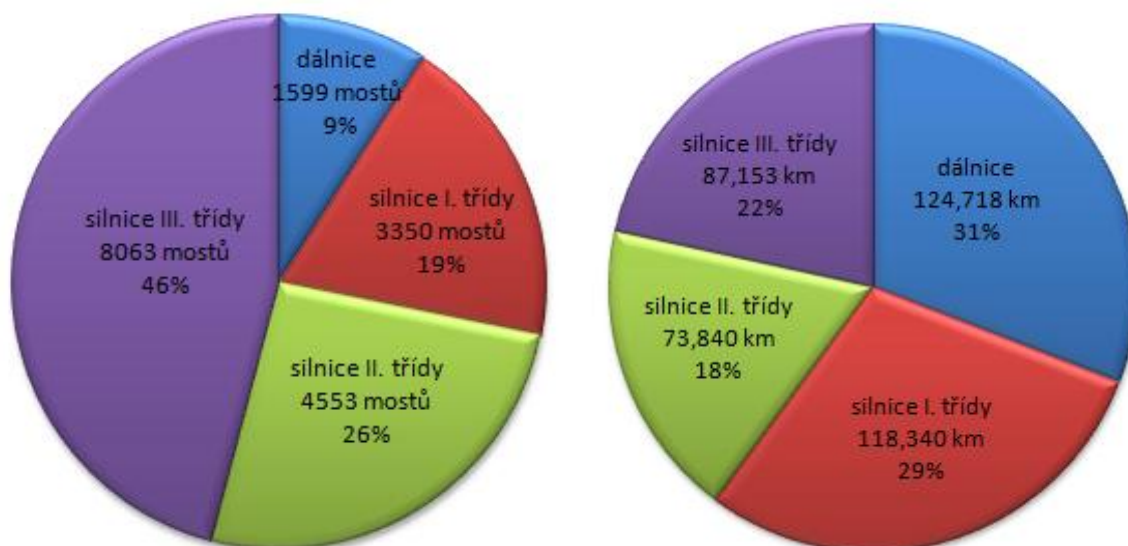
Mosty jsou velice různorodé z mnoha hledisek. Nejčastěji se mosty rozdělují podle nosné konstrukce, typu, funkce, rozpětí a materiálu mostu. Nejčastěji používaným materiálem pro stavbu mostů je ocel, beton a železobeton. V současné době se na mnoho konstrukcí používá předpjatý beton, který řeší malou pevnost betonu v tahu předepnutím výztuže, která je mnohem kvalitnější než u železobetonu. Obecné hodnocení mostu je však velmi složité, jelikož každý most má své specifické vlastnosti. Bakalářská práce se bude zabývat železobetonovým mostem z první poloviny 20. století.

V České republice (dále jen ČR) existuje pro silniční mosty databáze „Systém hospodaření s mosty“ (Bridge Management System - BMS). Tato databáze je přístupná pro veřejnost a je velmi dobrou pomůckou pro evidenci mostu a také pro statistické hodnocení stavu těchto objektů. V této databázi se nachází více než čtyři sta tisíc objektů různého charakteru.

Stav mostů je velice různorodý a dělí se do sedmi skupin, od bezvadného stavu (klasifikační stupeň stavu I) až po havarijný stav (klasifikační stupeň stavu VII). V ČR máme mnoho mostů, které jsou ve stavu uspokojivém, špatném až velmi špatném, i když se jedná o nejdůležitější prvek komunikační sítě. Z tohoto důvodu má diagnostika mostu stále větší význam, a proto je tímto směrem vedena i tato bakalářská práce.

V současné době se na území ČR, podle posledního sčítání Ředitelství silnic a dálnic ČR (dále jen ŘSD), přibližně eviduje 17 565 silničních mostů s celkovou délkou 404,051 km. Z toho se 1 599 mostů s celkovou délkou 124,718 km nachází na dálnicích, 3 350 mostů s celkovou délkou 118,340 km na silnicích I. třídy, 4 553 mostů s celkovou délkou 73,840 km na silnicích II. třídy a 8 063 mostů s celkovou délkou 87,153 km na silnicích III. třídy. Na grafech 1.1 a 1.2 můžeme vidět, že nejmenší počet mostů se sice nachází na dálnicích, ale co se týče jejich celkové délky, zaujímají mosty na

dálnicích největší procento z celkové délky všech mostů. Dále se na území ČR vyskytuje ještě mnohem více mostních objektů, které se nachází na místních a obslužných silnicích. Tyto objekty patří většinou obcím popřípadě firmám a jejich stav není evidován. [2]



*Graf 1.1: Počet mostů podle sčítání ŘSD. stav k 1. 1. 2016
vlastní zpracování [2]* *Graf 1.2: Délka mostů podle měření ŘSD.
stav k 1. 1. 2016
vlastní zpracování [2]*

1.2 Metoda zpracování

V teoretické části je provedena literární rešerše pro vysvětlení základního rozdělení mostů a mostního názvosloví. Teoretická část také popisuje průběh zkoušek použitých v praktické části práce.

Praktická část obsahuje fotodokumentaci poruch z prohlídky mostu včetně záznamu o prohlídce. Na vybraném mostním objektu byly provedeny a vyhodnoceny tvrdoměrné zkoušky a zkoušky na vývrtech, které byly prováděny ve školní laboratoři. Záznamy z měření a výsledky jsou zpracovány tabelárně.

1.3 Cíle práce

Cíle práce vycházejí ze zadání Bakalářské práce, která je členěná na teoretickou a praktickou část.

Mezi hlavní cíle teoretické části patří:

- rešerše literatury, podkladů a platných norem se zaměřením na mostní názvosloví, evidenci mostů a druhy prohlídek mostních objektů;
- materiál pro mostní konstrukce v první polovině 20. století – popis, technologie, vlastnosti a zkoušení.

Mezi hlavní cíle praktické části patří:

- prohlídka vybraného mostního objektu s evidenčním číslem 50 – 023;
- zpracování vzorového záznamu o prohlídce;
- schéma mostní konstrukce;
- dokumentace poruch;
- provedení a vyhodnocení zkoušek pevnosti betonu v tlaku na vývrtech;
- vyhodnocení tvrdoměrných zkoušek;
- zhodnocení celkového stavu mostu;
- ideový návrh sanace.

2 Teoretická část

2.1 Mostní objekty

Mostní objekty jsou nedílnou součástí dopravních cest. Používají se tam, kde je potřeba překonat přírodní nebo umělou překážku přemostěním. Mostní objekty dělíme podle velikosti na mosty, propustky a lávky. [1]

2.1.1 Mosty pozemních komunikací

Norma ČSN 73 6200 definuje most pozemní komunikace jako: „*Most, jehož hlavním účelem je převedení silniční dopravy přes překážku.*“ Most se skládá ze spodní stavby, nosné konstrukce a svršku včetně vybavení. Podrobný popis bude proveden na konkrétní situaci v praktické části.

Mosty dělíme: „*a) podle druhu převáděné komunikace:*

- *dálniční most*
- *silniční most*
- *most místní komunikace*
- *most účelové komunikace*

b) podle konstrukce mostovky:

- *roštová mostovka*
- *příčnicková mostovka*
- *desková mostovka*
- *ortotropní mostovka*

c) podle svršku:

- *s vozovkovým souvrstvím*
- *přímo pojižděná deska mostovky*“ [1]

2.1.2 Třídění mostů podle úhlu křížení

Úhel křížení je půdorysný úhel, který svírá osa přemostované překážky s osou mostu. Úhel křížení bývá nejčastěji ostrý nebo maximálně pravý. Podle úhlu dělíme mosty na kolmé a šikmé. [3]

Kolmý most

Kolmý most je takový most, kde je jeho osa kolmá na osy všech podpor. [1]

Šikmý most

Šikmý most je „*most, kde osa uložení alespoň na jedné podpěře není kolmá k ose mostu.*“ Podle šikmosti mostu rozeznáváme levou a pravou šikmost. Levá šikmost je, když je „*levá*

část podpěry nebo nosné konstrukce je při pohledu ve směru osy mostu vzdálena od pozorovatele více než část pravá.“ O pravé šikmosti hovoříme, jestliže „pravá část podpěry nebo nosné konstrukce je při pohledu ve směru osy mostu vzdálena od pozorovatele více než část levá.“ [1]

2.1.3 Třídění mostů podle materiálu

Mosty dělíme podle materiálu na zděné, betonové, kovové, dřevěné a kombinované.

Betonové mosty dále dělíme podle druhu hlavní nosné konstrukce na mosty z prostého betonu, železobetonu, předpjatého betonu a z jejich kombinací. [3]

2.2 Mostní názvosloví

Světlost mostního otvoru

Světlost mostního otvoru je „vodorovná vzdálenost mezi lici podpěr.“ Ty po obou stranách omezují mostní otvor. Světlost se podle normy ČSN 73 6200 dělí podle úrovně, kde je měřena, na horní, dolní a mezilehlou. Norma dále dělí světlost na kolmou, kterou měříme kolmo k lícům plochám podpěr a šikmou, která se měří v ose šikmého mostu. [1]

Délka přemostění

Délka přemostění je „vodorovná vzdálenost líců krajních podpěr, včetně krakorcových mostních polí měřená v ose mostu pozemní komunikace.“ [1]

Délka mostu

Délka mostu je vzdálenost mezi středy konců křídel, nebo jinými ukončeními mostu, která je měřená jako podélná vzdálenost v ose mostu. [1]

Osa mostu

Osa mostu je přímka, která spojuje poloviční vzdálenosti vnějších líců říms. [1]

Šířka mostu

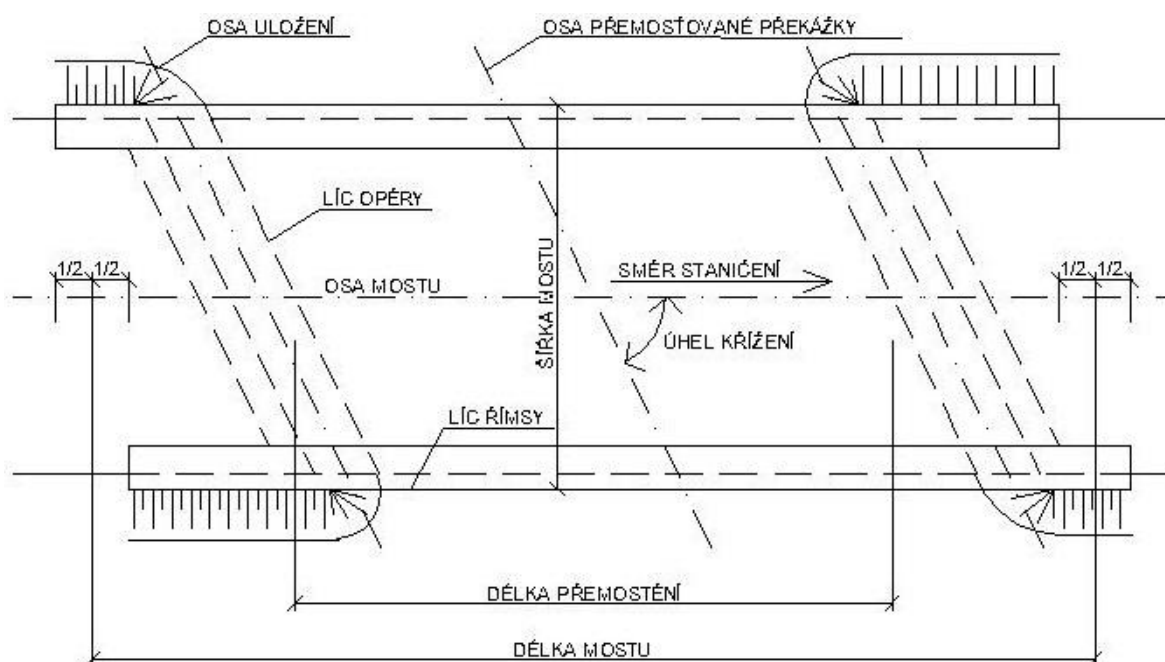
Šířka mostu je vzdálenost vnějších líců obou mostních říms. [4]

Niveleta mostu

Niveleta mostu je nejvýše položené místo na mostě, mimo zvýšených chodníků. Nejčastěji je to místo v ose pozemní komunikace. [1]

Výška mostu

Výška mostu je největší vzdálenost mezi niveletou mostu a dnem vodního toku. Vždy se měří v ose převáděné překážky. [4]



Obr. 2.1: Názvosloví mostu s pravou šikmostí včetně popisu základních pojmů
Vlastní zpracování na základě normy ČSN 73 6200 [1]

2.3 Evidence mostů

Nezbytnou součástí evidence mostů je databáze mostů, mostní listy, prohlídky, mapy a archiv objektů. Evidence mostů je většinou v elektronické podobě, kde je možné vyhotovit tiskové výstupy. Mapy mostů můžeme nalézt v elektronické podobě na stránkách ŘSD. [5]

2.3.1 Evidenční čísla mostů

Všechny mosty, propustky a objekty jim podobné mají svá evidenční čísla, pod kterými se udávají ve všech evidencích mostních objektů a musí být vždy umístěno na značce u konkrétního objektu. Evidenční čísla se tvoří podle zásad uvedených v normě ČSN 73 6220. Číslo se obvykle skládá z čísla komunikace, indexu a pořadového čísla

objektu. Zažádat o něj musí správce mostu a na žádost mu jej vydá garant registru objektu. V případě fyzického zrušení mostu nebo přestavbě mostu na propustek se evidenční číslo zruší. [5]

2.3.2 Mostní listy

Veškeré informace o mostech jako jsou maximální zatížitelnost, rok výstavby, záznam z poslední prohlídky a vše o nosných i nenosných konstrukcích můžeme najít v mostních listech na stránkách Systému hospodaření s mosty. Za aktuální informace o objektu zodpovídá jeho správce. V příloze jedna je uveden mostní list mostu, pro který jsme prováděli v praktické části diagnostický průzkum. [5]

2.4 Prohlídky mostů pozemních komunikací

2.4.1 Klasifikační stupně stavu mostu

Hodnocení konstrukce se provádí v závislosti na závadách a jejich vlivu na zatížitelnost mostu a rozděluje se do sedmi klasifikačních stupňů, viz. tabulka 1. Norma ČSN 73 6221 určuje způsob třídění závad do jednotlivých klasifikačních stupňů. Závady popsané v této normě jsou vždy myšleny na nosné konstrukci popřípadě spodní stavbě, pokud není určeno jinak. Klasifikace se určuje pouze vizuálním hodnocením. V normě jsou uvedeny i maximální šířky trhlin, které je možné ponechat bez opravy. [6]

Tab. 2.1: Klasifikační stupně stavu mostů [6]

Klasifikační stupeň stavu	Stav konstrukce	Součinitel stavu konstrukce
I	Bezvadný	1,0
II	Velmi dobrý	1,0
III	Dobrý	1,0
IV	Uspokojivý	0,8
V	Špatný	0,6
VI	Velmi špatný	0,4
VII	Havarijní	0,2

2.4.2 Druhy prohlídek

Norma ČSN 73 6221 rozděluje prohlídky mostů na běžné, hlavní, mimořádné a kontrolní. [6]

Běžná prohlídka

Běžné prohlídky se provádějí v závislosti na klasifikačním stupni stavu nejméně jednou ročně. Od čtvrtého klasifikačního stupně se musí provádět nejméně dvakrát ročně. Běžnou prohlídku zařizuje správce nebo vlastník mostu.

U běžné prohlídky se sledují všechny přístupné části mostu, kde je nutné sledovat použitelnost a bezpečnost mostu. Kontroluje se mimo jiné především spodní stavba, nosná konstrukce, funkčnost ložisek a odvodňovacího systému.

U železobetonových mostů se sledují stopy po zatékání. Poklepem se zjišťuje, zda nevznikají dutiny a zda nedochází k oddělení krycí betonové vrstvy.

Výsledkem běžné prohlídky je návrh pro provádění běžné údržby, případně návrh na provedení hlavní/mimořádné prohlídky mostu. [6]

Hlavní prohlídka

Interval hlavní prohlídky se určuje podle materiálu, ze kterého je most postaven a dále podle klasifikačního stupně.

U mostů betonových, ocelových, kamenných a cihelných se prohlídka provádí v intervalech podle klasifikačního stupně po dvou, čtyřech nebo šesti letech. U dřevěných a provizorních mostů v intervalech maximálně dvou let. Dodržování stanovených intervalů má na starost správce nebo vlastník mostu, který musí zajistit oprávněnou osobu na provedení prohlídky.

U hlavní prohlídky se sledují všechny části mostu, které se musí zpřístupnit, a to z hlediska únosnosti, životnosti, použitelnosti a zachování bezpečného provozu. Většina těchto prohlídek je prováděná pouze vizuálně a musí se během ní zkontrolovat i údaje ve stávající mostní evidenci.

Výsledkem hlavní prohlídky je protokol, který definuje stav mostu tak, aby bylo možné navrhnout údržbové práce, neodkladné opatření nebo podrobný diagnostický průzkum,

kterým se stanoví rozsah poškození a navrhnou se případné opravy. Konkrétní protokol bude zpracován v praktické části práce. [6]

Mimořádná prohlídka

Mimořádná prohlídka se provádí vždy po katastrofě, která by mohla mít vliv na únosnost mostu. Dále se provádí v případě nebezpečných jevů při jízdě vozidel po mostě.

Mimořádná prohlídka se také provádí, pokud se v období mezi hlavními prohlídkami objeví trhliny a také před koncem záruční doby na dodávku stavebních prací. Na mimořádnou prohlídku musí správce komunikace zajistit oprávněnou osobu.

Touto prohlídkou se stanoví okamžitý stav mostu. Svým rozsahem a prováděním odpovídá úrovni hlavní prohlídky, ale může být zaměřena pouze na určitou část mostu. V případě potřeby se navrhne podrobný diagnostický průzkum. [6]

Kontrolní prohlídka

Kontrolní prohlídky se provádí nejčastěji v intervalech čtyř let. V některých případech však mohou být prováděny i v intervalu šesti let. Prohlídkou se kontroluje provádění běžných a hlavních prohlídek, zejména dodržování jejich termínů a rozsahu. Dále se kontroluje dodržování navržených opatření pro údržbu.

Prohlídku zajišťuje nadřízený správní úřad, správce mostu však nesmí být pověřen kontrolní prohlídkou. [6]

2.5 Diagnostický průzkum mostu

Diagnostický průzkum se provádí pro stanovení příčin vad a poruch, zbytkové životnosti a pro návrh odstranění závad. Průzkum se zajišťuje na základě závěrů mimořádných nebo hlavních prohlídek. Provádí jej oprávněná osoba, kterou musí zajistit správce mostu. [5]

Zkoušení mostní konstrukce dělíme podle několika hledisek. Podle poškození konstrukce dělíme zkoušky na nedestruktivní, semidestruktivní a destruktivní metody. [7]

2.5.1 Nedestruktivní zkoušky

Nedestruktivní metody dělíme podle fyzikálního principu, na kterém jsou založeny, na tvrdoměrné, elektrodynamické, elektromagnetické, elektrické, radiační a tenzometrické

metody. Většina těchto metod konstrukci nepoškodí, pouze u některých tvrdoměrných metod se zkoušený povrch upravuje zbroušením. [7]

Tvrdoměrné metody

Existuje řada tvrdoměrných metod a podle normy ČSN 73 1373 je dělíme podle typu použitého přístroje na Schmidtův, Waitzmannův, Kuličkový a Špičákový tvrdoměr. [8]

Nejčastěji používaným přístrojem je Schmidtův tvrdoměr, který byl použit i při našem měření. Při zjišťování tvrdosti betonu se musí provést několik kontrolních měření na určité části konstrukce, nejméně však pět měřených míst. [7]

Před samotným měřením se musí zkoušené místo obrousit od nečistot nebo od povrchové úpravy betonu, jako jsou například sjednocovací nátěry. Metoda je založena na velikosti odrazu beranu přístroje zpět. Měří se délka vratné dráhy beranu, který při pohybu zpět posune značku na stupnici.

Výsledkem měření je několik hodnot odrazu, ze kterých se vyřadí hodnoty, které se liší od aritmetického průměru o více nebo méně než dvacet procent. Z těchto hodnot se vypočte aritmetický průměr a ten se zaokrouhlí na jeden dílek stupnice. Tato hodnota se pomocí kalibračního vztahu převede na pevnost betonu v tlaku. Přesný výpočet konkrétní konstrukce bude zobrazen v praktické části. [9]



Obr. 2.2: Odrazový tvrdoměr Schmidt N [10]

Ultrazvukové impulzní metody

Ultrazvukovými impulzními metodami zjišťujeme, pomocí rychlosti šíření ultrazvukového vlnění, jakost zkoušeného materiálu. Rychlost šíření můžeme využít především pro

stanovení přítomnosti trhlin nebo dutin, změn vlastností v čase případně pro stanovení dynamických fyzikálních vlastností. [7]

Nejprve musíme zdokumentovat vzorek a stanovit jeho rozměry, hmotnost a objemovou hmotnost. Před samotným měřením na vzorku musíme nejprve stanovit mrtvý čas na etalonu. Poté provedeme minimálně tři měření na vzorku v různých místech, z těchto hodnot se poté stanoví střední hodnota. V praktické části bude zpracováno měření na určitých vzorcích, včetně stanovení dynamických modulů betonu podle následujícího vztahu. [11]

$$E_{cu,I} = \rho * v_L^2 * \frac{1}{k^2} * 10^{-6}$$

$E_{cu,I}$ dynamický modul pružnosti
 ρ objemová hmotnost materiálu
 v_L rychlost šíření ultrazvuku
 k koeficient rozměrnosti prostředí

2.5.2 Semidestruktivní zkoušky

Do semidestruktivních metod řadíme například jádrové vývrty, odtrhové zkoušky, vrtné nebo brusné metody. Použitím semidestruktivních metod částečně poškodíme zkoušenou konstrukci, a to nejčastěji odtrhy nebo jádrovými vývrty. [7]

Jádrové vývrty

Na jádrových vývrtech se v lisech zkouší mnoho pevností. Nejdůležitější pro hodnocení betonu je pevnost v tlaku. Tato pevnost se zkouší na krychlích, válcích nebo hranolech. U jednotlivých tvarů je předepsaný poměr výšky k šířce. U válců je poměr většinou 1:1 popřípadě 2:1. Poměr stran je důležitý, neboť při vyšších poměrech dochází ke ztrátě stability prvku.

Před vložením do lisu se musí jádrový vývrt ořezat do požadovaného tvaru a styčné plochy se musí dostatečně obrousit, aby docházelo k co nejmenšímu tření mezi vzorkem a lisem. Musíme také zaznamenat rozměry vzorku. Poté se prvek upne a začne zatěžovat až do vyčerpání pevnosti materiálu. [13]

Po vyčerpání pevnosti se na stupnici odečte maximální zatížení vyvolané na zkušební těleso. Pevnost v prostém tlaku se potom zjistí podle následujícího vztahu:

$$f_c = \frac{F}{A_c}$$

f_c pevnost v tlaku

F maximální zatížení

A_c průřezová plocha tělesa

Podle krychelné pevnosti v tlaku se poté zjišťuje třída použitého betonu. [14]

2.6 Mostní konstrukce 20. století

Mostní objekt, který řešíme v praktické části, pochází z konce třicátých let, proto se v této kapitole nachází literární rešerše se zaměřením na mostní stavby přibližně z tohoto období. Objekty budou řešeny z hlediska technologie a použitého materiálu. V první polovině 20. století se mosty převážně stavěly z betonu prostého, nebo betonu železového (armovaného). Dále se mosty budovaly ze dřeva, železa a kamene. [15]

2.6.1 Dřevěné mosty

Jednalo se o levnější variantu mostu, který bylo možno rychle sestavit i rozebrat. Používaly se především pro pomocné a provizorní konstrukce. Nejčastěji se používalo dřevo jehličnaté, a to více druhů na různé části mostní konstrukce. Každý druh jinak snáší vodu, a proto bylo důležité zohlednit působení vlhkosti na prvek. Také se zohledňovalo, jak bude prvek v konstrukci namáhán. Dále se používalo tvrdé dřevo, jako je dubové a bukové, které je velmi trvanlivé i ve vlhkém prostředí, ale je drahé, proto se používalo jen na důležité části mostu, jako jsou například železniční mostní pražce a různé prvky spojů. Trvanlivost dřeva se prodlužovala různými nátěry. Nejčastěji se napouštělo dehtovým olejem. Vlastnosti mostů se odvíjeli od vlastností dřeva. [16]

Technologie

Nejprve se rostlé dřevo upravilo do požadovaného tvaru v příčném průřezu. Podle tvaru průřezu rozeznáváme kuláče, půlkuláče, polohraněné trámy, povaly, tupohranné trámy, plně hraněné trámy, fošny a prkna. Takto upravené dřevo se sestavovalo do požadovaných soustav, které měli být pokud možno jednoduché, ale dostatečně únosné. Soustavy se rozdělovaly podle účelu, kterému měli sloužit a tím i tomu odpovídajícímu zatížení.

Důležitou součástí soustavy jsou hlavní nosníky, které se rozdělovaly do několika skupin, a to na jednoduché mostní trámy, trámy zesílené sedly a vzpěrami, rošty, příhradové nosníky, obloukové nosníky, vzpěradla, věšadla a vzpínadla. Jednotlivé prvky se vzájemně spojovali tesařskými spoji nebo mechanickými spojovacími prostředky. Pevnost a trvanlivost mostu byla závislá na pevnosti spojů. Soustavy, byly uloženy na opěry a střední pilíře, které byly zhotoveny ze dřeva nebo jako zděné. V řečišti byly dřevěné mostní podpory pilotovány a nazývaly se bárky. [15]

Zkoušení

Před odevzdáním byl most prohlédnut a všechny spoje byly dotaženy. Poté byl most podroben zatěžovací zkoušce, která se prováděla zatížením vozidly předepsanými ve statickém výpočtu. Měřily se průhyby celkové a pružné vždy uprostřed mostu a u obloukových ještě ve čtvrtinách. Most byl dostatečně únosný, pokud nebyl celkový průhyb u trámových mostů větší než $1/300$ rozpětí.

Každé tři roky se prováděly zkoušky úderu kladivem, kde se zjistilo, jestli není dřevo uvnitř ztrouchnivělé. U starých mostů se potom zjišťovalo, jestli je dřevo zdravé navrtáním otvorů. Otvory byly navrtány tak, aby do nich nevnikala voda a po prohlídce byly uzavřeny ucpávkou. [15]

2.6.2 Železné mosty

Železný most se skládal ze dvou částí, a to z podpor a nosné konstrukce. Nosná konstrukce přenáší veškeré zatížení do podpor a většinou se skládala jen ze železných částí. Podpory se prováděly také kromě železa i jako zděné nebo u provizorních konstrukcí ze dřevěných prahů. [15]

Technologie

Most se skládal z vozovky, po které se přímo jezdí, nosného podkladu vozovky, hlavních nosníků a jejich uložení, podélníků, příčnicku, příčných a podélných ztužidel, chodníku a zábradlí. Nosný podklad spolu se soustavou příčnicku a podélníku tvořil mostovku.

Mostovka může být podle svého umístění horní, zapuštěná, mezilehlá, dolní, zavěšená nebo vzepřená. V některých případech může být mostovka i patrová, ale musí být dodržena podjezdná výška pod spodní hranou horní mostovky.

Vozovka se dělala většinou ze dřeva (mostinová, špalíková), ale také ze šterku, žulové dlažby, betonu, asfaltu, kamenných a ocelových desek. Pro různé vozovky se také používaly různé nosné podklady.

Hlavní nosníky přenášejí zatížení do podpor a jsou buď plnostěnné, nebo příhradové. Podle toho jak nosníky působí na podpory, je dále rozdělujeme na nosníky trámové, obloukové a visuté. Nosníky jsou uloženy na podpory pomocí ložisek, které přenášejí všechna svislá i vodorovná zatížení do podpor a ty jej pak přenášejí dále do základů.

Podle nařízení ministra vnitra v roce 1905 smělo být na nosnou konstrukci použito pouze železo svářkové, nebo železo plávkové, ale vždy jen jeden druh na mostě. Z tohoto železa byly válcovány různé profily, které se sestavovaly do požadovaných částí na pevném podkladu, a tyto části se potom sestavovaly na podpory. Spoje mezi jednotlivými prvky byly většinou svařované, nýtované, šroubové a kloubové svorníky.[15]

Vlastnosti

Železné mosty jsou velice kvalitní a díky příhradové konstrukci i poměrně lehké. Dosahují vysokých rozpětí a vzhledem k tomu, že se zhotovují ve výrobnách a na stavbě dochází pouze k montáži, je realizace nezávislá na počasí a poměrně přesná. Železo je náchylné ke korozi, proto je nutné most chránit nátěry. Nejčastěji se prováděl první základní nátěr ze suříkové barvy ve výrobnách. Po sestavení na stavbě se provedl druhý základní nátěr a dva krycí nátěry grafovou barvou nebo jinou olejovou barvou. Nevýhodou železného mostu je nízká odolnost proti požáru a velká zvuková vodivost. [16]

Zkoušení

Před odevzdáním mostu se prováděla prohlídka a u mostů, které měly rozpětí větší než pět metrů, musela být provedena zatěžovací zkouška. Ta se prováděla tak, že most byl zatížen vozidly seskupenými v nejúčinnější poloze přesně podle statického výpočtu. Pokud nebyla k dispozici všechna vozidla potřebných rozměrů, zatížila se pouze mostovka nejúčinnějším vozem a hlavní nosníky byly zatíženy náhradním rovnoměrným zatížením.

Na takto zatíženém mostu se měřily průhyby, a to buď pomocí tuhého papíru s ryskami umístěným na lati, nebo nivelačním přístrojem. Nejprve se na zatíženém mostu měřil průhyb celkový a po odtížení se změřil průhyb trvalý pomocí pevného bodu mimo most.

Přesnější výsledky nám poskytovali průhyboměry, a to Hermannův, Holečkův a Griotův. [15]

2.6.3 Kamenné mosty

Z kamenného zdiva se stavěly mosty různých velikosti, ať už to byly malé propustky, které převádí pouze vodu z příkopů nebo potoků, přes podjezdy a nadjezdy až po velké kamenné mosty o několika polích. Zdivo se skládá z kamenů různých velikostí a tvarů spojených maltou. [15]

Technologie

Základním stavebním prvkem je kámen. Kameny jsou buď přirozené, nebo umělé kameny a cihly. Pokud byl v blízkosti staveniště lom, používaly se kameny odtud a to jako neopracované, částečně opracované nebo opracované kamenickými nástroji. Tam, kde nebyl v blízkosti žádný kvalitní přirozený kámen, se používaly uměle vyrobené betonové kvádry nebo pálené cihly. Cihly se používaly obyčejné, obkládací nejvyšší jakosti nebo zvonivky. U režného zdiva se používali cihly, které měli stejnou barvu a přesné hrany.

Podle typu kamenu se rozděluje zdivo na několik druhů, jako je lomové zdivo z nepravidelných neložných kamenů, hrubě vrstvené, čistě vrstvené, kyklopské a kvádrové. Používalo se také zdivo smíšené, u kterého bylo v lici zdivo kvádrové nebo vrstvené a uvnitř z lomového kamene nepravidelného, nebo z betonu.[15]

Mostovka byla vytvořena klenbou. Klenby se rozdělovaly podle druhu staviva na klenby z nepravidelného lomového kamene, klenby z ložného lomového kamene, klenby z vrstveného zdiva, klenby z tesaného kamene, cihelné klenby a klenby ze smíšeného zdiva. Nejdůležitějším prvkem klenby je závěrný klenák (závěrák), který musel být pečlivě opracován, aby nemusel být násilně vsazován. Muselo se dbát především na vazbu zdiva. [15]

U menších mostů se na rubu klenby provedl násyp. U velkých mostů se v cípu hlavní klenby prováděly menší odlehčovací klenbičky, které byly nesené příčnými zídkami nebo sloupky. Tímto principem se stavěly i patrové kamenné mosty, zejména vysoké patrové akvadukty. [17]

Později se stavěly viadukty, u kterých probíhaly piliře na celou výšku, kde nahoře nesly polokruhové klenby a většinou byly spojeny v několika patrech ztužovacími klenbami pro

zvýšení stability. V tomto případě působí na klenbu spojitě zatížení jen z vlastní tíhy a ostatní zatížení bylo přenášeno jako osamělá břemena v ose zídky nebo sloupku.

Lícni plochy se potom upravovaly podle toho, kde se most nacházel, protože jeho vzhled měl být v souladu s okolím. Ve městech bývalo průčelí kleneb i zhlaví pilířů často bohatě zdobeno. [15]



Obr. 2.3: Viadukt Krnsko [18]

Vlastnosti

Kamenné mosty mají docela velkou pevnost a trvanlivost. Stavivo musí vzdorovat povětrnosti a nesmí být příliš pórovité. Pevnost zdiva v tlaku závisí na mnoha faktorech, a to v první řadě na pevnosti použitého kamene a pevnosti malty a dále na velikosti ložných a styčných spár zdiva. Čím více opracovaný je kámen a menší spáry, tím je zdivo únosnější. Má větší únosnost než samotná malta, ale menší než samotný kámen. Pevnost malty by měla být pokud možno stejná nebo i větší. Zdivo, jako takové, nepřenáší tahová napětí, proto se musí přenos zajistit vhodným tvarem konstrukce a to klenbou, která přenáší zatížení do podpor. [15]

Zkoušení

Kamenné mosty se většinou pozorovaly pouze vizuálně. Bylo možné sledovat trhliny ve spárách, drolení spár a boulení zdiva. Na základě těchto poznatků se potom zjišťovaly příčiny poruch a pevnosti kamene a malty. Nedestruktivně se mohla přibližná pevnost zjistit pouhým vrypem, ale pro přesnější určení pevností bylo nutné odebrat vzorky.

2.6.4 Betonové a Železobetonové mosty

Betonové mosty jsou buď z betonu prostého, nebo betonu armovaného. Prostý beton je totiž únosný pouze na tlak, a tak se používal pouze na konstrukce tlačené, například na pilíře a obloukové konstrukce. Z tohoto důvodu se do betonu vkládala výztuž, která měla za úkol přenášet tah. Vyztužený beton se proto používal na konstrukce ohýbané, a to jsou trémové a rámové. Používaly se však i obloukové vyztužené konstrukce, a to zejména pro mosty velkých rozpětí. [15]

Technologie

Výpočty železobetonových konstrukcí byly založeny na předpokladu, že beton v tahu nepůsobí, a všechny tah v prvku musel být zachycen pouze výztuží. Do tlačných průřezů se však výztuž vkládala, ale velice úsporně, jen aby zachytila příčné namáhání a udržovala beton pohromadě. Plocha průřezu podpor a míra vyztužení se navrhovala vždy podle druhu namáhání a tvaru průřezu podle konstrukčních zásad. U železobetonových desek návrh vycházel z nomogramu, který je zobrazen v příloze tři. [15]

Beton je v podstatě kamenné zdivo, které se skládá z malých kaménků, které jsou stmelené maltou. Neskládají se však kameny na sebe kus po kuse ale zdění je zmechanizováno v míchačkách kde se mísí štěrk a malta složená z písku, pojiva a vody. Poměry míšení se udávaly ve třech tvarech, a to písek ke štěrku, cement k pevným přísadám a voda k suché směsi. Poměr písku ke štěrku se určoval pomocí vztahu:

$$\frac{p}{\check{s}} = \frac{m_{\check{s}} - m}{m - m_p} * \frac{\gamma_{\check{s}}}{\gamma_p}$$

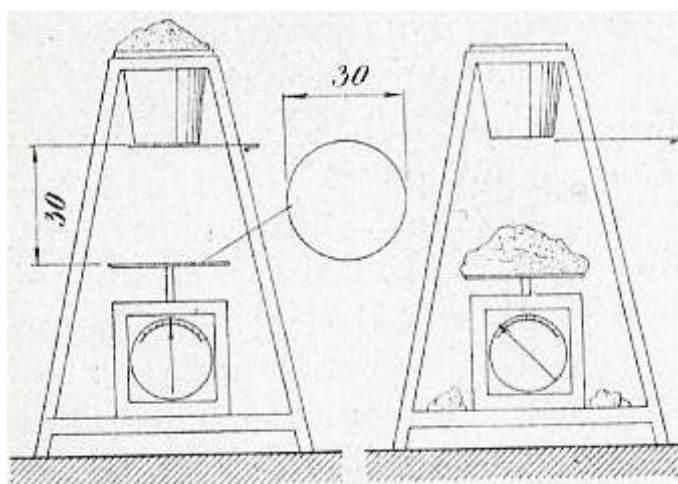
p objem písku
 \check{s} objem štěrku
 m_p modul zrnitosti písku
 $m_{\check{s}}$ modul zrnitosti štěrku
 m nejvhodnější modul
 γ_p objemová váha písku
 $\gamma_{\check{s}}$ objemová váha štěrku

Množství cementu se udávalo pomocí poměru jednoho dílu cementu na n dílu směsi písku a štěrku. Nejmenší množství bylo ustanoveno předpisy na sto kilogramů cementu na jeden metr krychlový suché směsi u betonu prostého. U betonu železového se potom množství cementu odvíjelo podle druhu betonu, viz tabulka 2.2. [15]

Tab. 2.2: Nejmenší krychelné pevnosti a namáhání železového betonu [19]

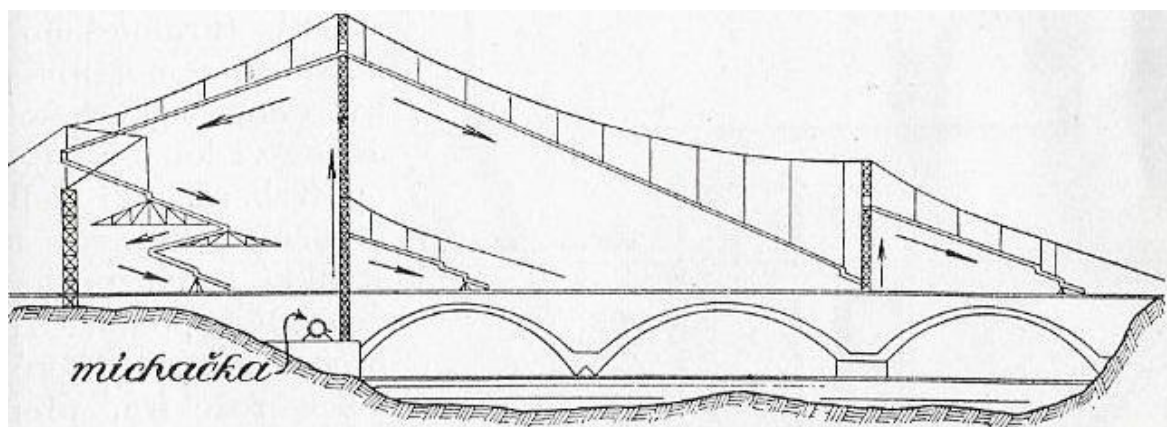
Druh betonu	Krychelná pevnost železového betonu v kg/cm ² ze směsi:			Množství portland. Cementu v kg/m ³	Dovolené namáhání oceli v kg/cm ²	Dovolené namáhání betonu v kg/cm ²
	zavlhle	měkké	tekuté			
d	150	125	100	230	1200	40
e	200	170	140	270		48
f	300	250	200	350		58
g	400	330	260	450		70

Podle množství vody se beton rozděloval na zavhlhlý, měkký a tekutý. Množství se řídilo tím, aby beton měl požadovanou konzistenci, která se určovala ssednutím homole čerstvého betonu vysokého 30 cm. Kyprý beton měl ssednutí 0,5 - 1 cm, měkký 4 - 10 cm a tekutý 15 - 20 cm. U čerstvého betonu také průměrem koláče, který se vytvořil určitým počtem otřesů na otřásacím stolku, nebo hustoměrnou váhou, viz. obrázek 2.4. Přesně bylo množství cementu určeno poměrem vody k cementu tzv. vodním součinitelem. [15]



Obr. 2.4: Hustoměrná váha [15]

Míšení probíhalo u malého množství převážně ručně. U většího množství strojně. U velkých staveb se míchačky většinou umísťovaly na staveništi. Přísady do této míchačky byly nejčastěji dopravovány pomocí otočných jeřábů nebo vozíky po lní dráhy. Z míchačky se potom hotová směs dopravovala do nádrže umístěné na vysoké věži a odtud do bednění pomocí potrubí nebo žlabů. Rozvody byly pohyblivé a velmi členěné, proto bylo možné beton dopravit na libovolné místo v okolí lící věže. [15]

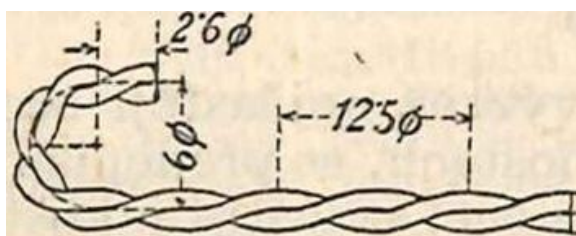


Obr. 2.5: Michalčka s licími věžemi [15]

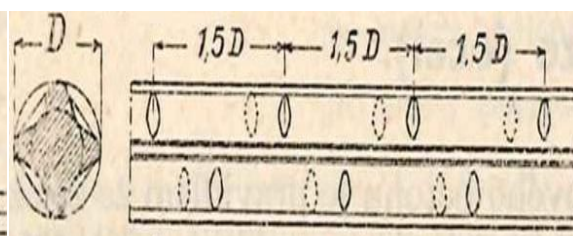
Bednění se nejčastěji používalo dřevěné, protože bylo poměrně levné, málo se přetvořovalo a odvádělo přebytečnou vodu. Jelikož se dřevěné bednění rychle opotřebovalo, používalo se při větším množství stejných konstrukcí železné bednění, které se lehce rozebírá, přenáší a může být několikrát použito. [20]

Výztuž se používala hlavně z železa plátkového, v některých případech i z oceli vyšších pevností. Železo plátkové mělo však mez průtažnosti jen $2000 - 2500 \text{ kg/cm}^2$, proto byla do praxe zavedena železa Isteg viz. obrázek 2.6. V tomto případě byla mez průtažnosti $3600 - 4500 \text{ kg/cm}^2$. Tvar průřezu byl většinou kruhový o průměru $5 - 50 \text{ mm}$. Výjimečně se užívala železa uzlová s nerovnostmi povrchu, takzvaná Toros viz. obrázek 2.8. [15]

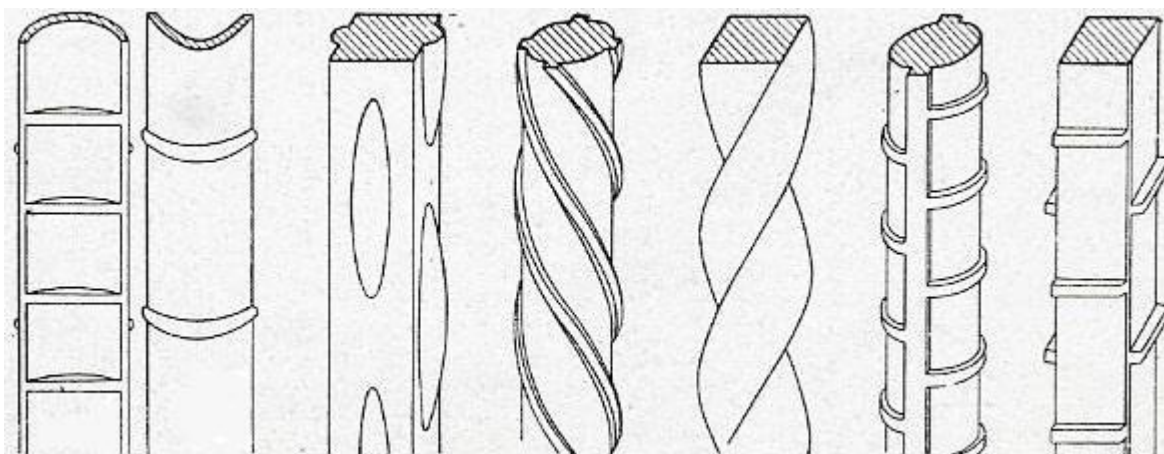
Tyto dva druhy výztuže byly nesvařitelné. V tomto období se také používal k vyztužování betonu Roxor, viz. obrázek 2.7, který je svařitelný. Roxor v tomto období měl křížový průřez. Mezi rameny kříže se nacházely příčné žebírka. Roxor se používal od roku 1933 a měl mez kluzu až 380 MPa . [21]



Obr. 2.6: Výztuž Isteg - vznikla splétáním a protažením plátkového železa [21]



Obr. 2.7: Výztuž Roxor – Vzdálenost žebírek mezi rameny kříže byla $1,5 \times D$ [21]



Obr. 2.8: Výztuž s vyválnými nerovnostmi povrchu [15]

Zkoušení

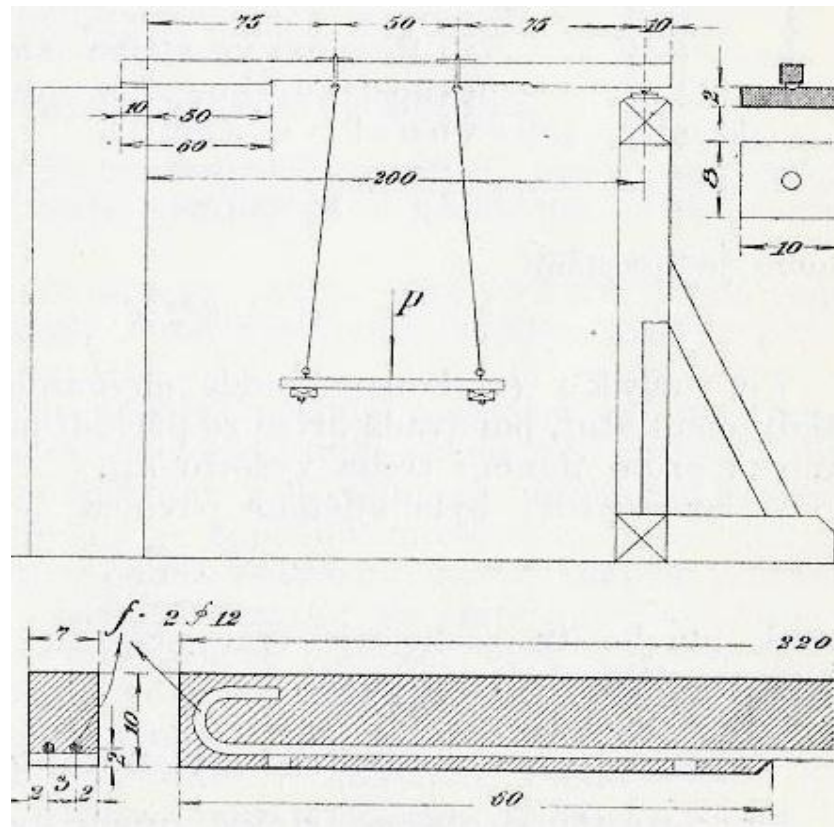
Na zhotovených mostech se měřily průhyby a napětí, ale také mělo zvláštní význam měření dynamických účinků neboli otřesů. Pro měření napětí se používaly deformetry. V některých případech se přístroje upevňovaly na stavbu trvale a občas se sledovaly. Takto používaným přístrojem byl Mantel-Rabutův deformetr. K měření otřesu se používaly vibrografy. Nejpoužívanější byl Wiechertový vibrograf, který zapisoval vlnění ve směru svislém i vodorovném.[22]

U menších mostů se zatížení provádělo pomocí pohyblivého osamělého břemene o váze šesti tun, které se vyvozovalo pojízdným vozíkem se železnými sochory. U větších staveb se zatížení provádělo pomocí vozidel, jejichž rozměry a tíha byla uvedena ve statickém výpočtu.

Průhyby se většinou měřily v polovině rozpětí a u klenutých mostů i ve čtvrtinách. Pro měření průhybů se používalo velké množství průhyboměru. Nejčastěji se používal Fričův průhyboměr. Upevňování průhyboměru se provádělo zespod na pevné konstrukce vždy v požadovaném místě. V případě většího počtu požadovaných míst se zřídilo měřičské lešení a mohly se hodinky přenášet. V tomto případě musela být zřízena i pozorovací lávka, protože lešení muselo být nepoddajné. [23]

Pevnost betonu se také zkoušela v laboratořích na zkušebních krychlích o hraně dvaceti centimetrů. Tvar a přesnost rozměrů hrála velkou roli pro srovnávání výsledků. Krychle se zhotovovaly v železných formách, které se po jednom dni ukládaly na šest dní do vlhka a poté se vytáhly a ponechaly na vzduchu. Takto zhotovené tělesa se zkoušela po šesti týdnech. Na stavbě se pevnost betonu v tlaku zkoušela na vyztužených Empergrových

trámcích, které měly přesně dané rozměry a uložení. Na trámky se poté zavěsilo zatížení, viz. obrázek 2.9. Pevnost tlaku za ohybu se poté stanovila jako čtvrtina součtu zatížení a vlastní tíhy. [15]



Obr. 2.9: Empergrové trámce používané pro zjištění pevnosti betonu na stavbě [15]

3 Prohlídka mostního objektu

Praktická část se zabývá prohlídkou vybraného mostního objektu s dokumentací poruch a zpracováním vzorového záznamu o prohlídce. Na základě prohlídky bude provedeno zhodnocení celkového stavu mostu a ideový návrh sanace.

V průběhu prohlídky byla provedena firmou Mostní vývoj tvrdoměrná zkouška za použití Schmidtova kladívka typu N. Firma také provedla vývrty na opěrách, nosné konstrukci, čelní zdi a křídlech. V průběhu provedla také určení míry karbonatace betonu. Vývrty byly dále zkoušeny v laboratoři za pomoci ultrazvuku a lisu.

3.1 Základní informace

Název mostu:	Most přes potok Stupava za obcí Střílky
Evidenční číslo mostu:	50 – 023
Převáděná komunikace:	I/50
Kraj:	Zlínský
Okres:	Uherské Hradiště
Rok výstavby:	1939
Předmět přemostění:	Vodoteč
Vodní tok:	Stupava
Správce:	ŘSD ČR/Správa Zlín/Uherské Hradiště [24]

3.1.1 Spodní stavba

Spodní stavbu tvoří masivní monolitické opěry z prostého betonu. Opěry jsou založené na monolitických železobetonových plošných pásech. Opěry jsou masivní monolitické z prostého betonu. [24]

3.1.2 Nosná konstrukce

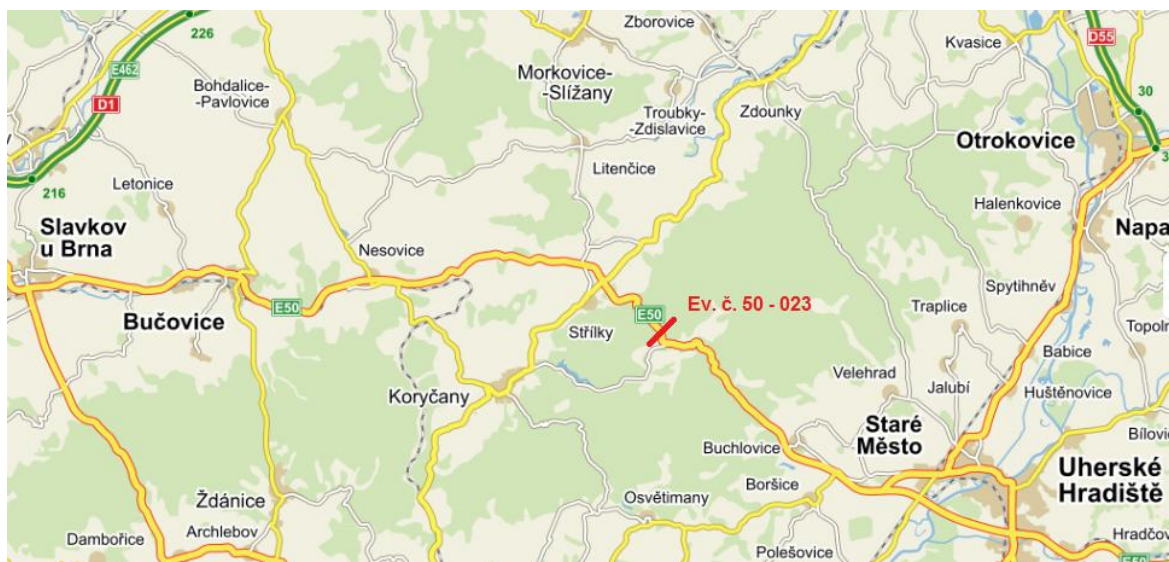
Nosnou konstrukci tvoří, podle mostního listu, prostě uložená železobetonová deska. Kolmá světlost otvoru je 3,45 m. Nosná konstrukce je přesypána. Na výtokové straně je nadbetonována čelní zeď, z důvodu rozšíření komunikace při její rekonstrukci v roce 2003, viz. obr. 3.1. [24]



Obr. 3.1: Výtoková strana mostu s nadbetonovanou čelní zdi [Vlastní fotoarchiv]

3.2 Lokalita

Vybraným objektem je most s evidenčním číslem 50 – 023. Most se nachází na 43,411 kilometru silnice I/50 za obcí Střílky. Silnice I/50 vede na území ČR z Brna přes Uherské hradiště na hraniční přechod Starý Hrozenkov. Silnice má celkovou délku 101,646 km a je po ní vedena evropská silnice E50. V některých místech je komunikace vedena po silnici R50 a dálnici D1. [25]



Obr. 3.2: Poloha mostu s evidenčním číslem [26]



Obr. 3.3: Letecký pohled s vyznačením polohy mostu [26]

3.3 Stav objektu

Při prohlídce objektu byla provedena vizuální kontrola viditelných částí konstrukce a i přes provedenou sanaci byly poruchy viditelné. Vzorový záznam o prohlídce je zpracován v příloze číslo dvě. Neprováděly se sondy k základům ani vývrty v silnici z důvodu přesypání nosné konstrukce.

3.3.1 Základy

Základy mostních opěr nejsou viditelné a ani se neprováděly sondy pro zjištění způsobu založení, proto jsou informace o základech jen z mostního listu. Základy, podle mostního listu, jsou monolitické železobetonové pásy. [24]

3.3.2 Opěry

Opěra jedna byla viditelně v horším stavu než opěra dvě. Zejména je oproti opěře dvě více nasycená vodou a sanace na ní je méně přídržná jak můžeme pozorovat na obr. 3.4 a 3.5.



*Obr. 3.4: Opěra 1 nasycena vodou
do úrovně 15 cm od líce
[vlastní fotoarchiv]*

*Obr. 3.5: Opěra 2 nenasycená vodou
[fotoarchiv Ing. Petr Cikrle, Ph.D.]*

Opěra 1

Opěra číslo jedna je krytá sanační omítkou o tloušťce cca 10 mm. Omítka je špatně přidržená z důvodu špatné kvality betonu, proto můžeme vidět místy omítku částečně opadlou, viz. obr. 3.6.

U sondy jedna je vidět vztlínání vody. Vlhkost zasahuje místy až 150 mm do konstrukce od povrchu, viz. obr. 3.4.

Levé křídlo opěry jedna je z větší části zasypáno a můžeme na něm vidět pouze trhlinu na spodní úrovni desky. Pravé křídlo opěry jedna není zasypáno a můžeme na něm vidět vápenaté inkrustace od vztlínání vody v trhlině spodního líce desky.



Obr. 3.6: Pohled na opadaná místa na opěře 1 [fotoarchiv Ing. Petr Cikrle, Ph.D.]

U vývrtu číslo dvě je obnažená struktura betonu, a proto můžeme vidět, že se jedná o beton prokládaný kamenem o velikosti cca 250 mm.



Obr. 3.7: Pohled na opadanou omítku u vývrtu číslo dvě a obnaženou strukturu betonu [fotoarchiv Ing. Petr Cikrle, Ph.D.]

Opěra 2

Opěra číslo dvě je v lepším stavu než opěra číslo jedna. Také je krytá sanační vrstvou, která je však přídržná k betonu a není na žádném místě odpadlá. Polovina opěry je taktéž nasycena vodou, kterou zadržuje sanace. Druhá polovina je suchá.



Obr. 3.8: Přechod mezi nasycenou a nenasycenou částí opěry 2 [vlastní fotoarchiv]

Levé křídlo opěry dvě je stejně jako u opěry jedna z větší části zasypáno. Pravé křídlo opěry dvě je odhaleno a není na něm žádné viditelné poškození.

3.3.3 Nosná konstrukce

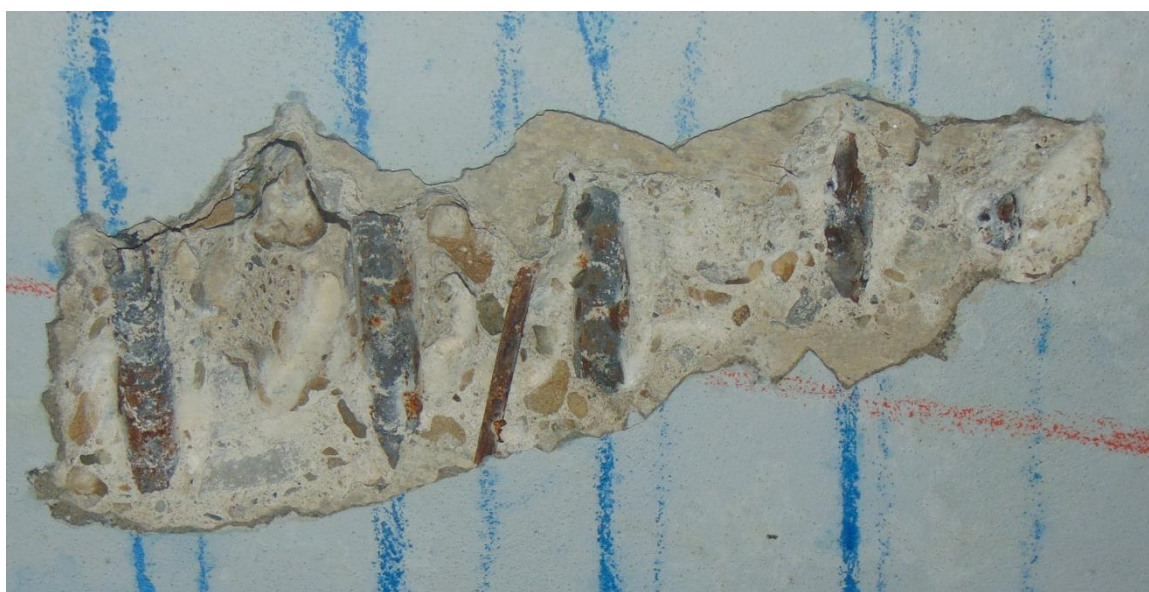
Nosnou konstrukci tvoří, podle mostního listu, prostě uložená železobetonová deska. Vizuálně můžeme vidět trhliny na spodní i horní úrovni desky. Po měření mezi trhlínami jsme určili tloušťku desky 280 mm. Na spodní úrovni desky vzlíná voda a vznikají vápenaté inkrustace.

Na líci desky byla firmou vytvořena sekaná sonda až na výztuž. Beton desky se jeví jako kvalitní, ale to zjistíme až po provedení laboratorních zkoušek.



Obr. 3.9: Obnažená výztuž nosné konstrukce [vlastní fotoarchiv]

V sekané sondě byla vidět struktura betonu s velkým kamenivem. Výztuž desky je kladena šikmo, rovnoběžně s čelními zdmi. Jedná se o hladkou výztuž, tudíž můžeme tvrdit, že se jedná o původní nosnou konstrukci mostu. Průměr výztuže byl měřením v sondě stanoven na 25 mm. Podle nomogramu v příloze tři byl zpracován výpočet potřebné výztuže na jeden metr nosné konstrukce, podle kterého by měla deska obsahovat minimálně 7 prutů na metr. Podle sekané sondy v nosné konstrukci bylo zjištěno 8 prutů hlavní výztuže na metr. V sekané sondě můžeme vidět také další konstrukční výztuž s menším průměrem.



Obr. 3.10: Sekaná sonda na lici nosné konstrukce [vlastní fotoarchiv]

3.3.4 Čelní zed'

Při rekonstrukci silnice se na výtokové straně nadbetonovala čelní zed', z důvodu rozšíření komunikace. Vizuální prohlídkou jsou na čelní zdi viditelné trhliny v místech pracovních spár. Pohledem můžeme vidět trhlinu na horní úrovni nosné konstrukce.

Nově vytvořená křídla pro tuto zídku jsou oddilatovaná. V místě dilatace dochází k vybočení křídel. Podle šířky trhlin v dilatačním tmelu a pohledem na vrchní hranu římsy můžeme říct, že dochází také k poklesu konců křídel.



Obr. 3.11: Vybočení v místě dilatace [vlastní fotoarchiv]

3.3.5 Římsy

Při rekonstrukci byly postaveny nové římsy. I přes tuhle skutečnost má zejména pravá římsa mnoho poškození. Hlavním nedostatkem obou říms je, že není proveden okapový nos.

Pravá římsa má po své délce mnoho trhlin. Trhliny přisuzujeme špatné duktilitě kameniva, smršťování betonu a neoddilatovanému zábradlí po délce římsy. Trhliny nám ukazují v jaké vzdálenosti od sebe jsou v římsách kladeny třmínky, viz. obr. 3.12.



Obr. 3.12: Trhliny pravé římsy [fotoarchiv Ing. Petr Cikrle, Ph.D.]

Levá římsa je podstatně kratší než pravá a zábradlí je zde rozděleno na dva dilatační celky. Z tohoto důvodů nejsou na římse žádné viditelné trhliny.

3.3.6 Mostní svršek

Povrch komunikace je tvořen živičným krytem s šířkou 7,5 m. Na povrchu komunikace nelze identifikovat přechodovou oblast z důvodu přesypání nosné konstrukce. Komunikace je poškozená pouze vyjetými kolejiemi. Na levé krajnici komunikace jsou osazeny betonové odvodňovací žlaby, které mají ve spojích mezi sebou špatnou návaznost. Tyto žlaby odvádí vodu pomocí skluzů do příkopy, která je zarostlá vegetací a směřuje vodu do vodního toku. Pravá krajnice je zpevněná asfaltovým recyklátem.



Obr. 3.13: Vyjeté koleje na silnici [vlastní fotoarchiv]

3.3.7 Mostní vybavení

Na mostě se nachází pouze trubkové zábradlí, které je umístěno na římsách. Na zábradlí se místy odlupuje barva a je zkorodované zejména ve spojích a na čelních stranách trubek. V místě dilatace je zábradlí vychýlené, viz. obr. 3.14.



Obr. 3.14: Vychýlení zábradlí v místě dilatace [vlastní fotoarchiv]

Těsnící tmel spoje mezi římsou a patkou zábradlí se na většině míst odlupuje. Většina patek zábradlí je zkorodovaná, viz. obr. 3.15.



Obr. 3.15: Zkorodovaná patka zábradlí [vlastní fotoarchiv]

Na komunikaci jsou po obou krajnicích umístěna svodidla s výškou pouze 700 mm. Na levé straně je většina sloupku svodidel skloněná směrem do komunikace.

3.3.8 Vodní tok

Na vtokové straně je dno zúženo náletem a naplaveninami. Na této straně jsou břehy tvořeny zídkami z kamenných bloků. V zídkách jsou zabudovány výpustě příkop, které jsou zaneseny naplaveninami, a tudíž neslouží k odvodu vody do koryta a voda tak stéká do koryta kolem zídky, viz. obr. 3.16.



*Obr. 3.16: Nefunkční odvodňovací žlaby zabudované v zídce z kamenných bloků
[vlastní fotoarchiv]*

Pod mostem je dno zpevněno kamennou dlažbou s částečně vyplavenými kameny. Podél opěr se nachází naplaveniny. Na výtokové straně je vyžděný splav z kamenných bloků o výšce 1200 mm, který pomáhá překonat výškové úrovně okolního terénu. Oba břehy na této straně jsou vydlážděny lomovým kamenem do vzdálenosti pěti metrů od mostu. Dále od mostu již jsou břehy nezpevněné.

4 Zkoušky betonu

V této kapitole budou vyhodnoceny zkoušky pevnosti betonu v tlaku. Dále bude stanoven modul pružnosti betonu.

Tvrdoměrnou zkoušku prováděla firma Mostní vývoj, která nám poskytla hodnoty ke zpracování. Zkouška byla provedena pomocí Schmidtova kladívka typu N. Na konstrukci bylo zkoušeno celkem padesát jedna míst náhodným výběrem. Z toho bylo šestnáct míst zkoušeno na opěrách, sedmnáct míst na nosné konstrukci, sedmnáct míst na čelní zdi a jedno místo na křídle. Každé zkušební místo bylo obroušeno až na vrstvu betonu. Na většině míst se brousilo až do hloubky patnácti milimetrů z důvodu sanace. Na každém místě bylo provedeno dvanáct měření.

4.1 Jádrové vývrty

Pevnost betonu v tlaku na vývrtech byla zkoušena ve školní laboratoři. Jádrové vývrty dodala firma Mostní vývoj. Celkem bylo provedeno šest vývrtů a jedna sonda, která se skládala ze dvou vývrtů. Sonda pochází z opěry 1. V opěrách byly dále provedeny další dva vývrty. Dva vývrty byly odebrány z nosné konstrukce, jeden vývrt z čelní zdi a jeden vývrt z křídla. Nejdříve byly vývrty popsány a zdokumentovány jako celek z hlediska rozměrů a dále popsány podrobněji z hlediska skladby betonu a pórovitosti.



Obr. 4.1: Sonda č. S1/vývrt č. V1-1 část
Délka: 255 mm
Průměr: 103 mm
Kamenivo: těžené 8-32 (110 mm)
Tmel: barva béžová, drsný povrch
Pórovitost: hodně pórovitý
[vlastní fotoarchiv]



Obr. 4.2: Sonda č. S1/vývrt č. V1- další část
Délka: 208 mm
Průměr: 62 mm
Kamenivo: těžené 0-24 (40 mm)
Tmel: barva béžová, drsný povrch
Pórovitost: hodně pórovitý
[vlastní fotoarchiv]



Obr. 4.3: Vývrt č. V2
Délka: 182 mm
Průměr: 103 mm
Kamenivo: těžené 36 (93 mm)
Tmel: barva béžová, drsný povrch
Pórovitost: hodně pórovitý
[vlastní fotoarchiv]



Obr. 4.4: Vývrt č. V3
Délka: 230 mm
Průměr: 102 mm
Kamenivo: těžené 36 (63 mm)
Tmel: barva béžová, drsný povrch
Pórovitost: hodně pórovitý
[vlastní fotoarchiv]



Obr. 4.5: Vývrt č. V4
Délka: 180 mm
Průměr: 103 mm
Kamenivo: těžené 24 (74 mm)
Tmel: barva béžová, hladký povrch
Pórovitost: mírně pórovitý
[vlastní fotoarchiv]



Obr. 4.6: Vývrt č. V5
Délka: 298 mm
Průměr: 102 mm
Kamenivo: těžené 16 (28 mm)
Tmel: barva šedá, hladký povrch
Pórovitost: mírně pórovitý
[vlastní fotoarchiv]



Obr. 4.7: Vývrt č. V6
Délka: 210 mm
Průměr: 102 mm
Kamenivo: těžené 27 (39 mm)
Tmel: barva šedo-běžová
hladký povrch
Pórovitost: mírně pórovitý
[vlastní fotoarchiv]



Obr. 4.8: Vývrt č. V7
Délka: 267 mm
Průměr: 102 mm
Kamenivo: těžené 27 (70 mm)
Tmel: barva šedo-běžová
hladký povrch
Pórovitost: mírně pórovitý
[vlastní fotoarchiv]

Na většině vzorků bylo vidět vyspravení a izolace. Ve vývrtu č. V5 byla objevena válcovaná výztuž R 10 505 dvojího průměru, dvanáct a šestnáct milimetrů. Vývrt V5 byl vyvrtán z čelní zdi, která byla, podle mostního listu, provedena až při rekonstrukci mostu.

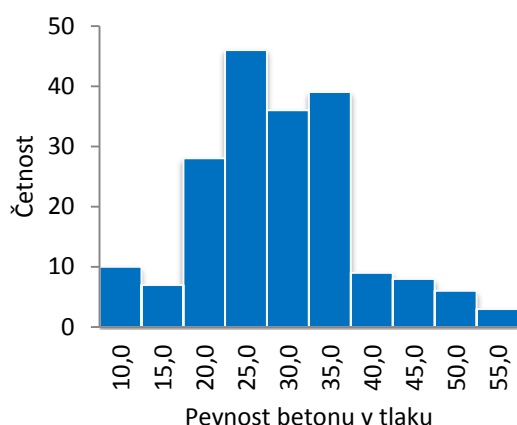


Obr. 4.9: Výztuž R 10 505 ve vývrtu V5

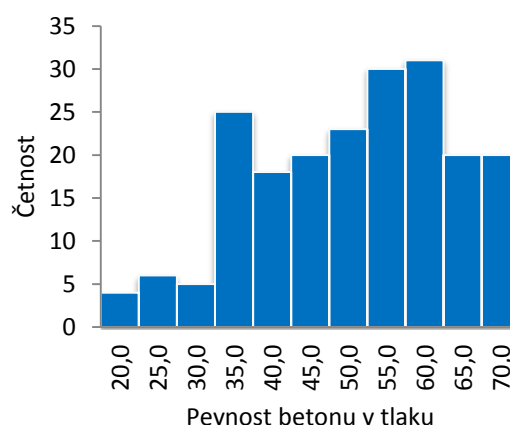
4.2 Vyhodnocení nedestruktivní zkoušky

Po naměření se každému odrazu přiřadila pevnost betonu v tlaku podle tabulky kalibračního vztahu. Následně se ze všech pevností vypočítal průměr a určila se horní a dolní mez intervalu platnosti. Hodnoty, které nepatřily do tohoto intervalu, se vyloučily a výpočet se provedl znovu, viz. příloha 4. Velké množství hodnot se nacházelo mimo tabulku, proto jim byla přiřazena pevnost v tlaku podle obecného kalibračního vztahu, který uvádí norma ČSN 73 1373. [8]

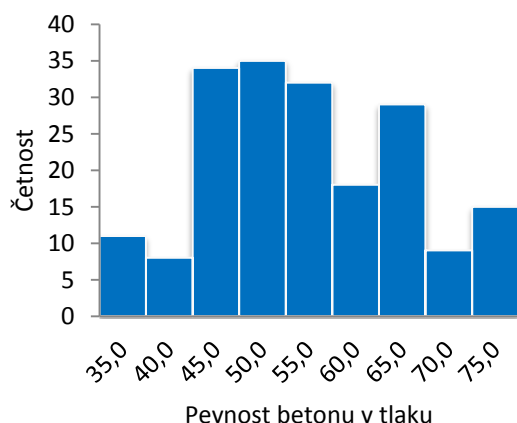
Na následujících histogramech četnosti můžeme vidět četnost pevnosti betonu v tlaku na jednotlivých konstrukcích. Byly vytvořeny čtyři histogramey a to pro opěry, nosnou konstrukci, čelní zeď a křídla.



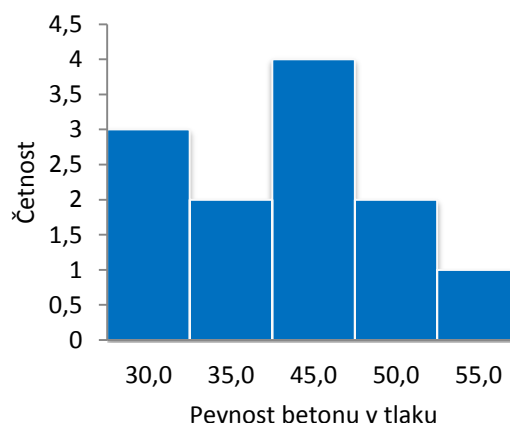
Graf 4.1: Četnost pevnosti betonu v tlaku na opěrách [vlastní zpracování]



Graf 4.2: Četnost pevnosti betonu v tlaku na nosné konstrukci [vlastní zpracování]



Graf 4.3: Četnost pevnosti betonu v tlaku na čelní zdi [vlastní zpracování]



Graf 4.4: Četnost pevnosti betonu v tlaku na křídlech [vlastní zpracování]

4.3 Pevnost v tlaku na vývrtech

Po zdokumentování se musely vzorky opracovat. V tomto případě bylo provedeno pouze ořezání na požadovanou délku a zabroušení styčných ploch. Takto připravené vzorky se znovu zdokumentovaly z hlediska rozměrů a zvažili se pro pozdější výpočty dynamického modulu pružnosti betonu.

Vzorky byly vizuálním pohledem rozděleny do dvou skupin podle odhadované pevnosti. Každá skupina vzorků byla zkoušena na jiném lisu. V obou lisech nám u většiny vzorků vznikl ideální tvar porušeného vzorku, viz. obr. 4.10. Pouze v případě jednoho vzorku z opěry nám tento lom nevznikl a vzorek měl podstatně menší pevnost než ostatní.



Obr. 4.10: Ideální tvar porušeného vzorku [vlastní fotoarchiv]

Vždy při dosažení nejvyššího zatížení a při porušení vzorku se zaznamenala nejvyšší síla, které vzorek odolal, viz. obr. 4.11.



Obr. 4.11: Nejvyšší síla na vzorku V5 [vlastní fotoarchiv]

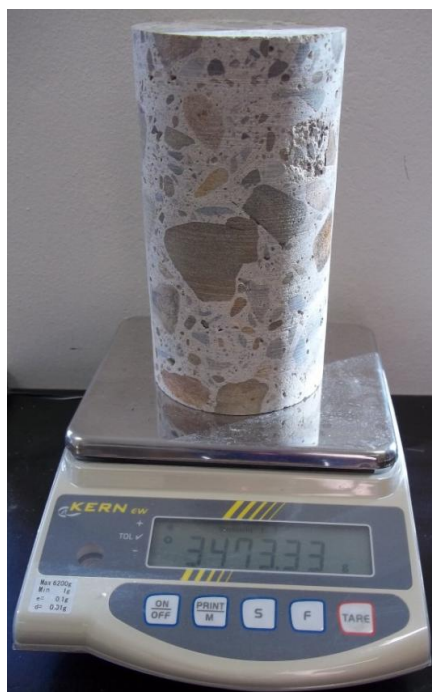
Pevnost betonu na vzorcích byla stanovena podle nejvyšší síly a rozměrů vzorků. Ve všech případech se museli do výpočtu vmísit součinitelé pro úpravu rozměrů vzorků, protože rozměry vzorků nebyly normové. Výsledná válcová pevnost byla násobena součinitelem pro přepočet válcové pevnosti na krychelnou. [27]

Tab. 4.1: Vyhodnocení zkoušky pevnosti v tlaku na vývrtech [vlastní zpracování]

Vzorek	Průměr [mm]	F [kN]	A [mm ²]	K _{c,cube}	K _{c,cyl}	K _{cyl,cube}	f _{c,cube} [MPa]
S1/V1	103,30	83,20	8376,65	0,95	0,99	1,252	11,7
S1/V1-6 A	62,40	38,00	3056,60	0,91	0,93	1,252	13,2
S1/V1-6 B	62,40	35,00	3056,60	0,91	0,93	1,252	12,1
V2	103,35	102,30	8384,76	0,95	0,85	1,252	12,3
V3	102,85	40,40	8303,83	0,95	0,97	1,252	5,6
V4	103,35	142,20	8384,76	0,95	0,85	1,252	17,1
V5	102,90	423,10	8311,90	0,95	0,95	1,229	56,5
V6	102,50	315,00	8247,41	0,95	0,93	1,243	41,9
V7	102,25	292,50	8207,22	0,95	0,99	1,243	41,7

4.4 Dynamický modul pružnosti betonu

Před vložením jádrových vývrtů do lisu bylo provedeno měření na vzorcích pomocí ultrazvuku. Při tomto měření byl použit ultrazvuk Pundit. Před samotným měřením se nejprve zaznamenaly rozměry a váha vzorku, viz. obr. 4.12.



Obr. 4.12: Vážení vzorku před samotným prováděním zkoušek [vlastní fotoarchiv]

Po zjištění rozměrů a hmotnosti vzorků byla provedena kalibrace na etalonu, tak aby mrtvý čas byl roven nule. Po kalibraci ultrazvuku proběhlo měření na jednotlivých vzorcích. Na každém vzorku byly změřeny tři hodnoty doby průchodu ultrazvuku vzorkem. Z těchto tří hodnot se stanovila průměrná hodnota a z té byla vypočítána rychlost šíření. [7]

Z rozměrů a váhy vzorků byla vypočítána hustota každého vzorku. Podle vztahu uvedeného v teoretické části byl z hustoty vzorku a rychlosti šíření ultrazvuku stanoven dynamický modul pružnosti v tahu a tlaku, viz. tab. 4.2. [11]

Tab. 4.2: Záznam z měření ultrazvukem a vyhodnocení dynamického modulu pružnosti v tahu a tlaku [vlastní zpracování]

Vzorek	l [mm]	Průměr [mm]	m [g]	Doba průchodu[μs]				Rychlost šíření [m/s]	Dynamický modul pruž. [MPa]
				Měřená		Průměrná			
S1/V1	198,40	103,30	3452,41	61,80	61,80	61,60	61,73	3214	20400
S1/V1-6 A	84,70	62,40	510,12	25,00	24,90	24,40	24,77	3420	21900
S1/V1-6 B	88,30	62,40	542,85	26,20	25,80	26,10	26,03	3392	22000
V2	104,00	103,35	1976,10	28,00	27,10	26,40	27,17	3828	31500
V3	171,60	102,85	2798,94	68,60	68,00	68,10	68,23	2515	11800
V4	103,60	103,35	1945,25	34,00	32,70	33,30	33,33	3108	20500
V5	159,50	102,90	3100,45	36,20	35,70	35,50	35,80	4455	44100
V6	144,10	102,50	2643,36	35,60	36,00	34,70	35,43	4067	34900
V7	190,10	102,25	3473,33	47,60	47,50	47,60	47,57	3996	33800

Rychlost šíření ultrazvuku byla využita také pro stanovení pevnosti betonu, viz. tab. 4.3. Rychlost šíření byla násobena koeficientem rozměrnosti prostředí v tomto případě 1,0541. Po násobení koeficientem byla vypočítána pevnost betonu ze vztahu:

$$R_{ce}=9,9*V_{L3}^2-56*V_{L3}+87,8$$

R_{ce} informativní pevnost betonu

V_{L3} rychlost šíření násobena koeficientem rozměrnosti prostředí [12]

Tab. 4.3: Výpočet pevnosti betonu z rychlosti šíření ultrazvuku [vlastní zpracování]

Vzorek	Rychlost šíření [m/s]	V _{L3}	Pevnost betonu [MPa]
S1/V1	3214	3,388	11,7
S1/V1-6 A	3420	3,605	14,6
S1/V1-6 B	3392	3,575	14,1
V2	3828	4,035	23,0
V3	2515	2,651	8,9
V4	3108	3,276	10,6
V5	4455	4,696	43,2
V6	4067	4,287	29,7
V7	3996	4,213	27,6

4.5 Upřesnění nedestruktivních zkoušek

Po vyhodnocení tvrdoměrné zkoušky a pevnosti betonu v tlaku na vývrtech byla pevnost betonu v tlaku na vývrtech přiřazena odpovídajícímu místu tvrdoměrné zkoušky.

Z těchto míst byl vypočítán součinitel α pro upřesnění nedestruktivních zkoušek ze vztahu:

$$\alpha = \frac{\Sigma \text{destruktivní zkoušky}}{\Sigma \text{nedestruktivní zkoušky}}$$

Součinitel α se stanovil pro každou část konstrukce zvlášť z příslušných tvrdoměrných zkoušek a vývrťů, viz. tab. 4.4. Tímto součinitelem byly násobeny hodnoty ve všech místech nedestruktivní zkoušky. [7]

Tab. 4.4: Součinitele upřesnění α pro každou část konstrukce [vlastní zpracování]

Konstrukce	Součinitel upřesnění α
Opěry	0,500
NK deska	1,058
Čelní zeď	1,314
Křídla	0,475

U nosné konstrukce, čelní zdi a křídel nemůžeme však brát tento součinitel jako přesný, protože u těchto částí konstrukce nebyly odebrány minimálně tři vývrty, jako je požadováno v normě ČSN 73 2011.

4.6 Charakteristická pevnost betonu

Z upřesněných hodnot nedestruktivní zkoušky byla vypočítaná průměrná hodnota a směrodatná odchylka. Z těchto veličin byla následně vypočítaná charakteristická pevnost betonu ze vztahu:

$$f_{ck} = f_{is} - \beta_n \cdot s_r$$

f_{ck} charakteristická pevnost betonu
 f_{is} průměrná pevnost betonu z upřesněných hodnot tvrdoměrné zkoušky
 β_n součinitel odhadu 5% kvantilu
 s_r výběrová směrodatná odchylka

Následně byl vypočten variační součinitel jako podíl směrodatné odchylky a průměrné hodnoty upřesněných hodnot tvrdoměrné zkoušky. Podle variačního součinitele bude dále v páté kapitole určena rovnoměrnost betonu a také zařazení betonu podle charakteristické pevnosti. [28]

U opěr vyšly poměrně malé hodnoty nejen u tvrdoměrné zkoušky, ale také u zkoušky na vývrtech, viz. tab. 4.5.

Tab. 4.5: Charakteristická pevnost betonu opěr a variační součinitel [vlastní zpracování]

Průměr R_{be} [MPa]	11,0
Směrodatná odchylka	3,2
Charakteristická pevnost [MPa]	6,0
„V“ [%]	28,3

U nosné konstrukce byly k dispozici pouze dva vývrty. Je potřeba dodělat jeden vývrt, aby byl splněn požadavek z normy na minimální počet vývrtnů. Charakteristická pevnost betonu nosné konstrukce je podstatně vyšší než u opěr, viz. tab. 4.6.

Tab. 4.6: Charakteristická pevnost betonu nosné konstrukce a variační součinitel [vlastní zpracování]

Průměr R_{be} [MPa]	47,0
Směrodatná odchylka	9,9
Charakteristická pevnost [MPa]	30,0
„V“ [%]	21,3

Čelní zeď byla dodělána až při rekonstrukci mostu, tomu odpovídá i vyšší charakteristická pevnost betonu, viz. tab. 4.7. Protože byl k dispozici pouze jeden jádrový vývrt z čelní zdi, je nutné ještě minimálně dva vývrty dodělat a znovu vyhodnotit pevnost betonu.

*Tab. 4.7: Charakteristická pevnost betonu čelní zdi a variační součinitel
[vlastní zpracování]*

Průměr R_{be} [MPa]	64,0
Směrodatná odchylka	11,8
Charakteristická pevnost [MPa]	44,0
„V“ [%]	18,4

I když byla u křídel provedena tvrdoměrná zkouška jen na jednom místě, a také pouze jeden jádrový vývrt, byla charakteristická pevnost betonu vyhodnocena na 17,0 MPa, viz. tab. 4.8. U křídel se musí provést více zkušebních míst tvrdoměrné zkoušky a také dodělat minimálně další dva vývrty a přepočítat pevnost betonu na křídlech.

*Tab. 4.8: Charakteristická pevnost betonu křídel a variační součinitel
[vlastní zpracování]*

Průměr R_{be} [MPa]	17,0
Směrodatná odchylka	0,0
Charakteristická pevnost [MPa]	17,0
„V“ [%]	0,0

5 Celkové zhodnocení mostního objektu

5.1 Celkový stav objektu

Podle charakteristické pevnosti byla každé části konstrukce přiřazena třída betonu. Podle tabulky v normě ČSN 73 2011 jsme určili rovnoměrnost betonu jednotlivých částí konstrukce.

Při prohlídce bylo zjištěno, že opěry jsou ve špatném stavu. Výsledná třída betonu opěr je C 4/5 a beton je nerovnoměrný. Tato třída betonu není však v normě zavedena.

Beton nosné konstrukce je nerovnoměrný. S charakteristickou pevností 30 MPa byl zařazen do třídy betonu C 25/30. Během prohlídky nebyly zjištěny na nosné konstrukci žádné závažnější poruchy.

Na čelní zeď byl oproti ostatním částem použit kvalitnější beton třídy C 30/37. Beton čelní zdi je nerovnoměrný a během prohlídky byly zjištěny pouze trhliny v pracovních spárách.

Beton křídel se podle výpočtů sice jeví jako rovnoměrný, ale je to způsobeno nedostatečným počtem výsledků nedestruktivní zkoušky. Na křídlech bylo totiž zkoušeno pouze jedno místo. Třída betonu byla určena jako C 12/15. Během prohlídky byly viditelné jen vápenaté inkrustace, jinak nebyly zjištěny žádné závažnější poruchy.

Celkový stav nosné konstrukce je dobrý, a proto jí byl přiřazen klasifikační stupeň II. Podle normy ČSN 73 6221 byl nosné konstrukci přidělen součinitel stavu konstrukce 1,0. Celkový stav spodní stavby je vzhledem k malé pevnosti betonu a odpadajícím plochám uspokojivý. Proto jí byl přiřazen klasifikační stupeň IV. Podle normy ČSN 73 6221 byl spodní stavbě přidělen součinitel stavu konstrukce 0,8.

5.2 Ideový návrh sanace

Na opěře 1 se nejprve oseká špatně přidrzná sanace a vybuduje se kotvená betonová obezdívka ze stříkaného betonu na kari síť. Na nosné konstrukci a opěře 2 bude provedena pouze vrstva ze sanační omítky. Na závěr se celá konstrukce natře sjednocovacím nátěrem.

Koryto bude vydlážděno z lomového kamene včetně náběhů u opěr, aby se zamezilo styku vody s opěrami. Dno i náběhy se vydláždí kameny větších hmotností.

V místě vychýlení nových křídel pro čelní zeď bude vybetonována opěrná zídka kolmo na křídla. Opěrná zeď bude pomocí navrtaných trnů spojena s křídlem a bude mít vlastní základy a římsu. Stávající tmel v dilatační spáře se odstraní a spára se vyplní novým tmelem.

Pravá římsa se odbourá, protože je poškozena velkým počtem trhlin a chybí na ní okapový nos. Na nové římse budou dodrženy původní dilatační celky, jen v místě nosné konstrukce bude římsa rozdělena na dva dilatační celky.

Zábradlí bude vyrobeno z nových dílů a bude rozděleno na dilatační celky podle nové římsy, aby se zamezilo vzniku trhlin na římse. Patky zábradlí se po stranách zatmelí.

Svodidla budou demontována a sloupky svodidel se upraví tak, aby svodidlo nebylo skloněno do silnice a splňovalo výšku podle normy.

6 Závěr

Bakalářská práce řešila aktuální problematiku z oblasti diagnostiky mostních konstrukcí. Cílem této bakalářské práce bylo v teoretické části provést rešerši literatury, podkladů a platných norem se zaměřením na mostní názvosloví, evidenci mostů a druhy prohlídek mostů pozemních komunikací. Tento cíl byl splněn v podkapitolách 2.1 až 2.4. V podkapitole 2.5 byla provedena rešerše literatury a platných norem se zaměřením na nedestruktivní a semidestruktivní metody. Dalším cílem bylo provést popis, technologii, vlastnosti a zkoušení mostních konstrukcí v první polovině 20. století. Tento cíl byl splněn v podkapitole 2.6.

Hlavním cílem experimentální části bylo provést prohlídku mostního objektů s evidenčním číslem 50 – 023 na silnici I/50 za obcí Střílky. Prohlídka byla provedena a byl o ní zpracován záznam v příloze 2. Během prohlídky byla zjištěna řada závad a také byla pořízena fotodokumentace. Tyto závady jsou popsány v kapitole tři.

Dalším cílem praktické části bylo vyhodnocení tvrdoměrných zkoušek, jejichž hodnoty dodala firma Mostní vývoj. Dále byly zkoušeny vývrty ve školní laboratoři, včetně vyhodnocení. Bylo provedeno také zkoušení pomocí ultrazvuku a vypočítán dynamický modul pružnosti v tahu a tlaku. Po vyhodnocení nedestruktivních zkoušek a zkoušek na vývrtech byl vypočítán součinitel upřesnění α a všechny hodnoty byly tímto součinitelem násobeny. Výsledkem těchto zkoušek bylo zatřídění jednotlivých částí konstrukce do příslušné třídy betonu. Na opěry byl použit beton C 4/5, na nosnou konstrukci C 25/30, na křídla C 12/15 a na čelní zeď byl použit beton C 30/37. Všechny tyto výpočty jsou obsaženy v kapitole čtyři.

V kapitole pět je popsán celkový stav tohoto mostního objektu a ideový návrh sanace. Jedná se zejména o odstranění sanační vrstvy z opěry 1, protože podkladní beton je velmi špatný, vzlíná přes něj voda a sanační vrstva ji zadržuje. Z tohoto důvodu dochází k odlupování této sanační vrstvy. Po odstranění stávající sanace se vybuduje kotvená obezdívka ze stříkaného betonu na kari síť.

V příloze pět byl zpracován schematický řez mostního objektu. Všechny zadané cíle práce byly splněny na základě prohlídky mostního objektu, nedestruktivních a semidestruktivních zkoušek. K vyhodnocení zkoušek byly využity matematické metody, grafy a tabulky.

Seznam použitých zdrojů

- [1] ČSN 73 6200. *Mosty - Terminologie a třídění*. V Praze: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011, 48 s.
- [2] ŘEDITELSTVÍ SILNIC A DÁLNIC ČR. *Přehledy z informačního systému o silniční a dálniční síti ČR* [online]. 2016 [cit. 2016-01-29]. Dostupné z: https://www.rsd.cz/wps/wcm/connect/d4f00eed6d74488bac4233113763473/prehledy_2016_1_cr.pdf?MOD=AJPERES
- [3] KUKAŇ, Vlastimil, Vladislav HRDOUŠEK a Roman ŠAFÁŘ. *Betonové mosty 10*. V Praze: Vydavatelství ČVUT, 2004, 78 s. ISBN 978-80-01-02899-5.
- [4] SEČKÁŘ, Milan. *Betonové mosty I*. 1. vyd. V Brně: Nakladatelství VUTIUM, 1998, 110 s. ISBN 80-214-1306-9.
- [5] ČSN 73 6220. *Evidence mostních objektů pozemních komunikací*. V Praze: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011, 30 s.
- [6] ČSN 73 6221. *Prohlídky mostů pozemních komunikací*. V Praze: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011, 36 s.
- [7] CIKRLE, Petr a kol. *NDT zkoušení ve stavebnictví: Příručka kurzu CŽV*. V Brně: Ústav stavebního zkušebnictví, Fakulta stavební, VUT, 2010, 133s. ISBN 978-80-214-4198-9.
- [8] ČSN 73 1373. *Nedestruktivní zkoušení betonu – Tvrdoměrné metody zkoušení betonu*. V Praze: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011, 20 s.
- [9] SCHMID, Pavel a kol. *Základy zkušebnictví*. V Brně: Akademické nakladatelství CERM, 2001, 112 s. Učební texty vysokých škol. ISBN 80-214-1816-8.
- [10] DUŠEK, Erik. *Návrh a provedení diagnostiky objektu*. Brno, 2015. 52 s., 17 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavebního zkušebnictví. Vedoucí práce Ing. Petr Daněk, Ph.D.

- [11] ČSN 73 1371. *Nedestruktivní zkoušení betonu – Ultrazvuková impulzová metoda zkoušení betonu*. V Praze: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011, 12 s.
- [12] ANTON, Ondřej a kol. *Základy zkušebnictví: návody do cvičení*. V Brně: Akademické nakladatelství CERM, 2002, 61 s. Učební texty vysokých škol. ISBN 80-214-2079-0.
- [13] ADÁMEK, Jiří a kol. *Vlastnosti a zkoušení stavebních materiálů*. V Brně: Akademické nakladatelství CERM, 1995, 96 s. Učební texty vysokých škol. ISBN 80-214-0609-7.
- [14] ANTON, Ondřej a kol. *Stavební látky - cvičebnice*. 1. vyd. V Brně: Akademické nakladatelství CERM, 2013, 122s. Učební texty vysokých škol. ISBN 978-80-7204-828-1.
- [15] BECHYNĚ, Stanislav, František ČERVENÝ, Václav Karel ŘEHOŘOVSKÝ a Jan KOLÁŘ. *Technický průvodce pro inženýry a stavitele*. V Praze: Česká matice technická, 1930, 579 s.
- [16] ČERVENÝ, František. *Technický průvodce pro inženýra a stavitele*. 2. rozš. vyd. V Praze: František Červený, V. Řehořovský, 1902.
- [17] MAILLARD, Mořic. *Stavíme mosty: Dějiny mostního stavitelství*. Vydání I. V Praze: Karel Synek, 1946, 207 s.
- [18] Boleslavsko. *Aktualita.cz* [online]. 2009 [cit. 2016-02-28]. Dostupné z: <http://www.aktualita.cz/boleslavsko/obce/krnsko.html>
- [19] BEZDÍČEK, Josef. Železobetonové desky silničních mostů. *ČASOPIS ČESKOSLOVENSKÝCH INŽENÝRŮ TECHNICKÝ OBZOR*. 1873, roč. XLVI, č. 14.
- [20] KOLÁŘ, Jan. *Dřevěné mosty*. V Praze: Spolek posluchačů inženýrství, 1921, 446 s.
- [21] KLOKNER, František a Konrád HRUBAN. *Železový beton, Část 1 - Stavivo a konstruktivní prvky, Část 2 - Výpočty*. 5. vyd. Praha: Česká matice technická, 1947. Technický průvodce.

- [22] KLOKNER, František. Zkoušky na hotových mostních stavbách. *ČASOPIS ČESKÝCH INŽENÝRŮ TECHNICKÝ OBZOR*. 1940, roč. XLVIII, č. 13.
- [23] KLOKNER, František. Zkoušky na hotových mostních stavbách. *ČASOPIS ČESKÝCH INŽENÝRŮ TECHNICKÝ OBZOR*. 1940, roč. XLVIII, č. 12.
- [24] VARS BRNO. *Systém hospodaření s mosty (BMS)* [online]. 2001 [cit. 2016- 03-24]. Dostupné z: http://bms.vars.cz/a_most.asp?cdcei=&objectid=6217&nazev=Most
- [25] WIKIPEDIE. *Silnice I/50* [online]. 2016 [cit. 2016- 04-15]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Silnice_I/50
- [26] Mapy.cz. *Střílky* [online]. 2016 [cit. 2016- 04-15]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?x=17.2588194&y=49.1251087&z=18&base=ophoto&q=st%C5%99%C3%ADlky>
- [27] ČSN EN 12390-3. *Zkoušení ztvrdlého betonu – Část 3: Pevnost v tlaku zkušebních těles*. V Praze: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009, 20 s.
- [28] ČSN 73 2011. *Nedestruktivní zkoušení betonových konstrukcí*. V Praze: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012, 24 s.

Seznam použitých zkratk

A_c	průřezová plocha tělesa
ČR	Česká republika
$E_{cu,I}$	dynamický modul pružnosti
F	maximální zatížení
f_c	pevnost v tlaku na vývrtu
$f_{c,cube}$	krychelná pevnost betonu v tlaku
k	koeficient rozměrnosti prostředí
$K_{c,cube}$	součinitel příčného rozměru
$K_{c,cyl}$	součinitel štíhlosti vzorku
$K_{cyl,cube}$	součinitel pro přepočítání válcové pevnosti na krychelnou
l	délka vzorku
m	hmotnost vzorku
m	nejvhodnější modul
m_p	modul zrnitosti písku
m_s	modul zrnitosti šterku
p	objem písku
R_{be}	průměr pevností
R_{ce}	informativní pevnost betonu
ŘSD	Ředitelství silnic a dálnic
\bar{s}	objem šterku
v	variační součinitel
v_L	rychlost šíření ultrazvuku
V_{L3}	rychlost šíření násobena koeficientem rozměrnosti prostředí
α	součinitel upřesnění
α_t	součinitel stárí betonu
α_w	součinitel vlhkosti betonu
γ_p	objemová váha písku
γ_s	objemová váha šterku
ρ	objemová hmotnost materiálu

Seznam obrázků

Obr. 2.1: Názvosloví mostu s pravou šikmostí včetně popisu základních pojmů	15
Obr. 2.2: Odrazový tvrdoměr Schmidt N	19
Obr. 2.3: Viadukt Krnsko	25
Obr. 2.4: Hustoměrná váha	27
Obr. 2.5: Míchačka s licími věžemi	28
Obr. 2.6: Výztuž Isteg	28
Obr. 2.7: Výztuž Roxor	28
Obr. 2.8: Výztuž s vyválcovanými nerovnostmi povrchu	29
Obr. 2.9: Empergrové trámce používané pro zjištění pevnosti betonu na stavbě	30
Obr. 3.1: Výtoková strana mostu s nadbetonovanou čelní zdi	32
Obr. 3.2: Poloha mostu s evidenčním číslem	32
Obr. 3.3: Letecký pohled s vyznačením polohy mostu	33
Obr. 3.4: Opěra 1 nasycena vodou do úrovně 15 cm od líce	34
Obr. 3.5: Opěra 2 nenasycená vodou	34
Obr. 3.6: Pohled na opadaná místa na opěře 1	35
Obr. 3.7: Pohled na opadanou omítku u vývrtu číslo dvě a obnaženou strukturu betonu	35
Obr. 3.8: Přejít mezi nasycenou a nenasycenou částí opěry 2	36
Obr. 3.9: Obnažená výztuž nosné konstrukce	37
Obr. 3.10: Sekaná sonda na líci nosné konstrukce	37
Obr. 3.11: Vybočení v místě dilatace	38
Obr. 3.12: Trhliny pravé římsy	39
Obr. 3.13: Vyjeté koleje na silnici	39
Obr. 3.14: Vychýlení zábradlí v místě dilatace	40
Obr. 3.15: Zkorodovaná patka zábradlí	40
Obr. 3.16: Nefunkční odvodňovací žlaby zabudované v zídce z kamenných bloků	41
Obr. 4.1: Sonda č. S1/vývrt č. V1-1 část	42
Obr. 4.2: Sonda č. S1/vývrt č. V1- další část	42
Obr. 4.3: Vývrt č. V2	43
Obr. 4.4: Vývrt č. V3	43
Obr. 4.5: Vývrt č. V4	43
Obr. 4.6: Vývrt č. V5	43
Obr. 4.7: Vývrt č. V6	44

Obr. 4.8: Vývrt č. V7	44
Obr. 4.9: Výztuž R 10 505 ve vývrtu	44
Obr. 4.10: Ideální tvar porušeného vzorku	46
Obr. 4.11: Nejvyšší síla na vzorku V5	46
Obr. 4.12: Vážení vzorku před samotným prováděním zkoušek	47

Seznam grafů

Graf 1.1: Počet mostů podle sčítání ŘSD.	11
Graf 1.2: Délka mostů podle měření ŘSD.	11
Graf 4.1: Četnost pevnosti betonu v tlaku na opěrách	45
Graf 4.2: Četnost pevnosti betonu v tlaku na nosné konstrukci	45
Graf 4.3: Četnost pevnosti betonu v tlaku na čelní zdi	45
Graf 4.4: Četnost pevnosti betonu v tlaku na křídlech	45

Seznam tabulek

Tab. 2.1: Klasifikační stupně stavu mostů	16
Tab. 2.2: Nejmenší krychelné pevnosti a namáhání železového betonu	27
Tab. 4.1: Vyhodnocení zkoušky pevnosti v tlaku na vývrtech	47
Tab. 4.2: Záznam z měření ultrazvukem a vyhodnocení dynamického modulu pružnosti v tahu a tlaku	48
Tab. 4.3: Výpočet pevnosti betonu z rychlosti šíření ultrazvuku	49
Tab. 4.4: Součinitele upřesnění α pro každou část konstrukce	49
Tab. 4.5: Charakteristická pevnost betonu opěr a variační součinitel	50
Tab. 4.6: Charakteristická pevnost betonu nosné konstrukce a variační součinitel	50
Tab. 4.7: Charakteristická pevnost betonu čelní zdi a variační součinitel	51
Tab. 4.8: Charakteristická pevnost betonu křídel a variační součinitel	51

Seznam příloh

Příloha 1: Mostní list mostu 50 – 023	62
Příloha 2: Vzorový záznam o prohlídce	63
Příloha 3: Nomogram pro navrhování železobetonových desek	65
Příloha 4: Záznam z měření nedestruktivní metodou	66
Příloha 5: Schematický příčný řez mostu 50 – 023	69

Příloha 1: Mostní list mostu 50 – 023

Mostní list mostu pozemní komunikace

Ev.č. mostu: 50 - 023
Název mostu: Most přes potok Stupava za obcí Střílky
Místní název: k.ú. Stupava
Předmět přemostění: Vodoteč (stálý průtok) Nezadaný
Převáděná komunikace: 1. třída / 50
Název převáděné komunikace:
Staničení liniové: 43,411 km Staničení na úseku: 1,639 km
Rok postavení: 1939
Rok poslední rekonstrukce:
Kraj: Zlínský
Okres: Uherské Hradiště
Katastrální území: Stupava
Správce mostu: ŘSD ČR/Správa Zlín/Uherské Hradiště
Zatížitelnost v době uvedení do provozu, způsob a rok stanovení
Způsob stanovení: V – CZEN (Zatížitelnost stanovená podrobným statickým výpočtem)
Rok: 2002
Vn = 25 t Vr = 54 t Ve = 232 t Vaj (Va) = - t
Zatížitelnost současná, způsob a rok stanovení
Způsob stanovení: V – CZEN (Zatížitelnost stanovená podrobným statickým výpočtem)
Rok: 2011
Vn = 50 t Vr = 90 t Ve = 240 t Vaj (Va) = 0 t
Dl. přemostění: 3,55 m Dl. nosné konst.: 4,68 m Šikmost: Pravá / 83,33 gr
Volná šířka: 9,5 m Celková šířka mostu: 10 m Plocha mostu: 46,8 m²
Nosná konstrukce
celk.počet polí: 1
Podrobný popis nosné konstrukce: Nosnou konstrukci tvoří prostá žel. bet. deska tl. 0.39 m prostě uložená. Nosná konstrukce je přesýpaná. Světlost otvoru kolmá je 3.45 m.
Popis skupin polí
Počet polí: Světlost šikmá: Kolmá: Konstr.výška: Rozpětí: Druh stat.působení:
1 m m m m
3,55 3,45 0,39 - Deska prostá
Stavební výška: 3 m Úložná výška: 3 m
Způsob uložení NK
Pozice: Způsob uložení: Typ: Výrobce: Označení:
Mostní závěry
Pozice: Typ: Výrobce: Označení:
Izolace desky mostovky
Typ: Výrobce: Materiál:
Spodní stavba
Podrobný popis spodní stavby: Monolitické ž.b. pasy plošně založené. Mostní podpěry z prostého betonu, masivní, monolitické. Na výtokové straně nadbetonována zídka tvaru L, která je uložena částečně na stávající nosné konstrukci a částečně na nových křídlech.
Opěry
Počet: 2 Délka: 0 až 0 m Tloušťka: 0 až 0 m Výška: 0 až 0 m
Materiál: Prostý beton Základy:
Přechodová oblast:
Mezilehlé podpěry
Počet: 0 Délka: Tloušťka: Výška: Materiál: Základy:
Vozovka/chodníky:
Povrch komunikace: Živice Šířka mezi obrubami: 7,5 m Plocha vozovky: 35,1 m²
Konstrukce vozovky:
Povrch chodníku: Nezadaný Šířka chodníku: -/- m Plocha chodníku: 0 m²
Konstrukce chodníku:
Odvodnění mostu:
Druh: Typ odvodňovačů: Výrobce: Svody (dn/mat).:
Záchytná zařízení
Zábradlí (typ/délka):
Zábradelní svodidla (typ/délka):
Svodidla (typ/délka):
Jiné vybavení:
Ostatní údaje
Výška mostu nad terénem: 6 m Výška NK nad hladinou vody: - m
Q100: m³/sec. Hladina Q100: Normální hl. vody: 0,05 m
Souřadnice mostu
WGS-84 N: 49,125154 E: 17,258672 S-JTSK X: -551765 Y: -1173390
Cizí zařízení
Typ: Správce: Popis: Nejsou.
Správní údaje
Archivace projektu: dokumentace skut. provedení uložena: ŘSD nebo jiný investor
Klasifikační stupeň stavu mostu:
nosná konst.: III - Dobrý spodní stavba: IV - Uspokojivý použitelnost: I - Použitelné
Rok provedení poslední HPM (MPM): 2015
Reprodukční pořizovací hodnota
RPH: 0,00 Kč Datum posledního stanovení RPH: 2.11.2015

Zdroj:[24]

Příloha 2: Vzorový záznam o prohlídce

HLAVNÍ/MIMOŘÁDNÁ PROHLÍDKA

Objekt: Most přes vodoteč

Okres: Uherské Hradiště

Prohlídku provedla firma: Mostní vývoj

Prohlídku provedli: Technik firmy Mostní vývoj, Ing. Petr Cikrle, Ph.D., Robert Kocuba

Datum provedení prohlídky: 18. 4. 2016

Počasí v době prohlídky: zataženo Teplota vzduchu: 13°C Teplota NK: 7°C

A. ZÁKLADNÍ ÚDAJE

Číslo komunikace: I/50 Staničení km: 43,411 km Ev. č. mostu: 50 – 023

Název objektu: Most přes potok Stupava za obcí Střílky

B. POPIS ČÁSTÍ MOSTU

1. Základy mostních podpěr a křídel: Nejsou přístupné
2. Mostní podpěry: Masivní monolitické opěry z prostého betonu.
3. Nosná konstrukce: Prostě uložená železobetonová deska. Nosná konstrukce přesypána.
4. Mostní svršek: Povrch komunikace tvořen živicí. Šířka komunikace 7,5 m.
5. Mostní vybavení: U komunikace jsou svodidla. Zábradlí namontováno na římsách.
6. Cizí zařízení: Neobsahuje
7. Území pod mostem: Dlážděné dno bez náběhu u opěr. Na vtokové straně zídka z kamenných bloků. Na výtokové straně splav a zpevněné břehy.

C. STAV A ZÁVADY ČÁSTÍ MOSTU

1. Základy mostních podpěr a křídel: Nejsou přístupné
2. Mostní podpěry, křídla, čelní zdi: Opěra 1 nasycená vodou a opadaná omítka.
Na křídlech pouze vápenaté inkrustace.
Trhliny v místě pracovních spár na čelní zdi.
3. Nosná konstrukce: Bez závažnějších poruch. Sekaná sonda. Výztuž hladká 25 mm.
4. Mostní svršek: Ve velké míře trhliny na římsách. Nenavazující žlaby podél silnice. Vyjeté koleje v silnici.

5. Mostní vybavení: Zkorodované a vychýlené zábradlí. Nízké a skloněné svodidla do silnice.
6. Cizí zařízení: Neobsahuje
7. Území pod mostem: Vyplavené kameny dna. Zúžení koryta naplaveninami na vtokové straně.

D. HODNOCENÍ PÉČE O MOST

Na mostě je provedena nezdařená rekonstrukce, zejména na opěře 1 a pravé římse.

E. NÁVRH NA ODSTRANĚNÍ ZJIŠTĚNÝCH ZÁVAD

Ideový návrh sanace bude vypracován v bakalářské práci „Prohlídka a předběžný průzkum silničního mostu“.

F. KLASIFIKAČNÍ STUPNĚ STAVU NK A SPODNÍ STAVBY MOSTU

Spodní stavba

Stav: Uspokojivý (klasifikační stupeň IV)

Koeficient stavu: $\alpha = 0,8$

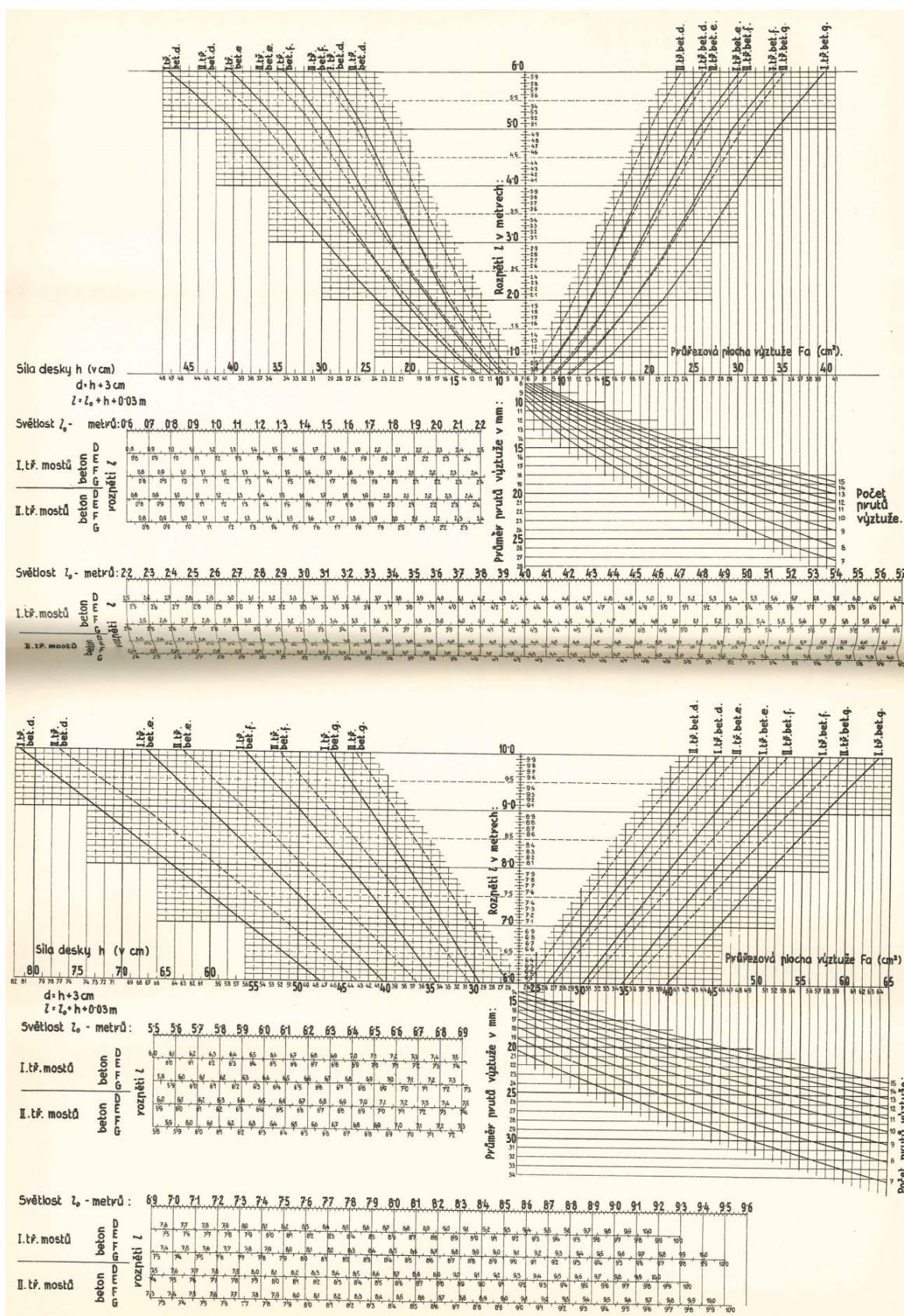
Nosná konstrukce

Stav: Dobrý (klasifikační stupeň II)

Koeficient stavu: $\alpha = 1,0$

Zdroj: vlastní zpracování na základě normy ČSN 73 6221 [6]

Příloha 3: Nomogram pro navrhování železobetonových desek



Zdroj: [19]

Příloha 4: Záznam z měření nedestruktivní metodou

Číslo úderu		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Průměr	Dolní mez	Horní mez	Průměr	α_t	α_w	R_{be} [MPa]	Upřesněné R_{be} [MPa]
Opěry	1	23	25	25	25	31	25	32	27	29	26	21	28								
		13	16	16	16	25	16	27	19	22	18	10	21	18,3	14,6	21,9	17	1	1	16	7
	2	29	33	27	21	27	31	35	31	23	26	27	27								
		22	28	19	10	19	25	32	25	13	18	19	19	20,8	16,6	24,9	19	1	1	17	8
	3	37	33	32	32	35	35	37	37	33	39	36	33								
		35	28	27	27	32	32	35	35	28	39	33	28	31,6	25,3	37,9	31	1	1	28	13
	4	33	37	30	37	37	39	37	41	33	36	37	39								
		28	35	24	35	35	39	35	42	28	33	35	39	34,0	27,2	40,8	34	1	1	31	14
	5	34	30	35	31	31	35	33	37	30	37	31	37								
		30	24	32	25	25	32	28	35	24	35	25	35	29,2	23,3	35,0	27	1	1	25	11
	6	29	29	30	30	29	30	32	31	20	27	29	26								
		22	22	24	24	22	24	27	25	9	19	22	18	21,5	17,2	25,8	22	1	1	20	9
	7	27	32	26	39	31	27	33	31	36	39	23	37								
		19	27	18	39	25	19	28	25	33	39	13	35	26,7	21,3	32,0	26	1	1	24	11
	8	21	21	32	27	21	21	20	24	24	27	21	20								
		10	10	27	19	10	10	9	15	15	19	10	9	13,6	10,9	16,3	15	1	1	14	6
	9	33	30	33	34	33	30	37	33	31	31	33	26								
		28	24	28	30	28	24	35	28	25	25	28	18	26,8	21,4	32,1	27	1	1	24	11
	10	29	28	29	29	33	31	34	33	29	29	31	34								
		22	21	22	22	28	25	30	28	22	22	25	30	24,8	19,8	29,7	24	1	1	21	10
	11	25	27	29	33	28	27	33	26	33	29	33	31								
		16	19	22	28	21	19	28	18	28	22	28	25	22,8	18,3	27,4	21	1	1	19	9
	12	41	37	33	31	27	29	36	36	28	29	24	33								
		42	35	28	25	19	22	33	33	21	22	15	28	26,9	21,5	32,3	25	1	1	23	10
	13	28	25	35	35	42	37	35	24	39	42	45	31								
		21	16	32	32	44	35	32	15	39	44	50	25	32,1	25,7	38,5	33	1	1	29	14
	14	30	27	32	36	40	33	29	26	26	36	36	34								
		24	19	27	33	41	28	22	18	18	33	33	30	27,2	21,7	32,6	26	1	1	24	11
	15	43	45	46	44	39	35	41	42	47	36	37	46								
		46	50	52	48	39	32	42	44	53	33	35	52	43,8	35,1	52,6	47	1	1	42	20
	16	35	37	35	39	33	45	40	43	35	37	33	39								
		32	35	32	39	28	50	41	46	32	35	28	39	36,4	29,1	43,7	36	1	1	32	15
Průměrná pevnost:																				11	

Zdroj: vlastní zpracování

Číslo úderu		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Průměr	Dolní mez	Horní mez	Průměr	α_t	α_w	R_{be} [MPa]	Upřesněné R_{be} [MPa]
Křídla	1	34	42	34	42	47	32	45	40	37	36	44	42								
		30	44	30	44	53	27	50	41	35	33	48	44	39,9	31,9	47,9	40	1	1	36	17
Průměrná pevnost:																				17	

Zdroj: vlastní zpracování

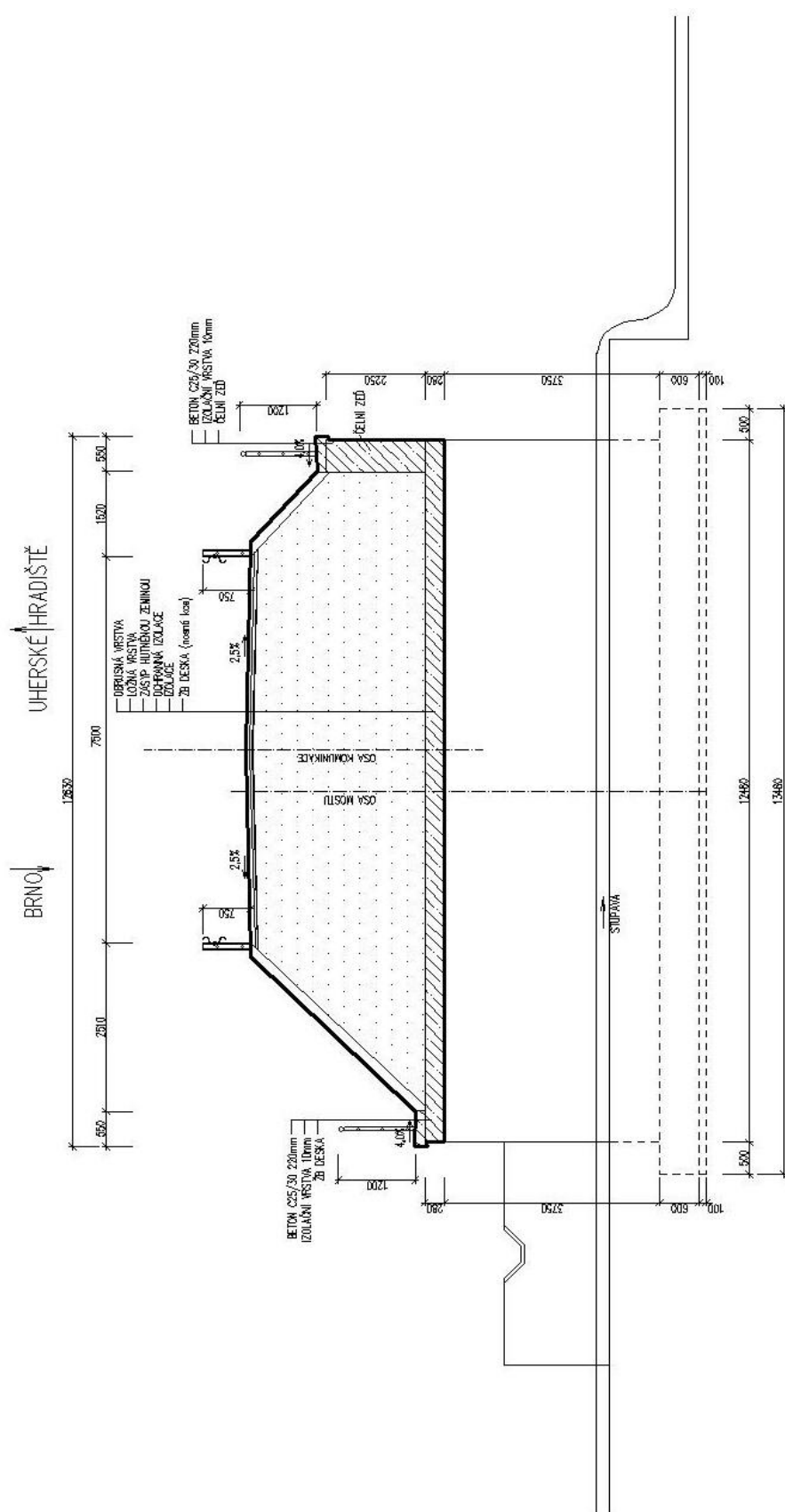
Číslo úderu		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Průměr	Dolní mez	Horní mez	Průměr	α_t	α_w	R _{be} [MPa]	Upřesněné Rbe [MPa]
Nosná konstrukce	1	47	45	45	46	49	50	43	49	45	47	46	49								
		47	43	43	45	51	52	39	57	43	47	45	51	46,9	37,5	56,3	46	1	1	41	44
	2	47	47	46	47	49	40	52	45	49	51	44	54								
		47	47	45	47	51	34	56	43	51	54	41	60	48,0	38,4	57,6	48	1	1	43	46
	3	46	53	51	47	47	49	53	53	54	55	55	54								
		45	58	54	47	47	51	58	58	60	62	62	60	55,2	44,1	66,2	55	1	1	50	53
	4	65	51	55	52	53	48	49	35	53	51	59	47								
		81	54	62	56	58	49	51	25	58	54	69	53	55,8	44,7	67,0	55	1	1	50	52
	5	55	55	53	51	53	58	55	53	51	49	52	55								
		62	62	58	54	58	68	62	58	54	51	56	62	58,8	47,0	70,5	59	1	1	53	56
	6	39	48	41	41	43	46	43	31	40	43	45	43								
		32	49	35	35	39	45	39	18	34	39	43	39	37,3	29,8	44,7	37	1	1	34	35
	7	36	31	41	43	45	39	45	39	47	47	49	33								
		26	18	35	39	43	32	43	32	47	47	51	21	36,2	28,9	43,4	37	1	1	34	36
	8	49	53	55	57	59	49	53	59	62	59	50	59								
		51	58	62	66	69	51	58	69	75	69	52	69	62,4	49,9	74,9	61	1	1	55	58
	9	51	59	35	41	59	47	55	43	53	46	57	41								
		54	69	25	35	69	47	62	39	58	45	66	35	50,3	40,3	60,4	51	1	1	46	49
	10	54	55	51	59	57	56	52	55	52	59	57	53								
		60	62	54	69	66	64	56	62	56	69	66	58	61,8	49,5	74,2	62	1	1	56	59
	11	47	53	48	53	56	59	43	53	53	55	55	57								
		47	58	49	58	64	69	39	58	58	62	62	66	57,5	46,0	69,0	58	1	1	52	55
	12	49	47	47	46	47	43	49	47	43	49	43	49								
		51	47	47	45	47	39	51	47	39	51	39	51	46,2	36,9	55,4	46	1	1	42	44
	13	56	53	55	55	57	53	49	57	56	55	57	59								
		64	58	62	62	66	58	51	66	64	62	66	69	62,3	49,9	74,8	62	1	1	56	59
	14	39	47	31	38	38	44	39	39	39	40	42	39								
		32	47	18	30	30	41	32	32	32	34	37	32	33,1	26,5	39,7	32	1	1	29	31
	15	42	37	37	39	43	47	43	34	33	35	42	30								
		37	28	28	32	39	47	39	23	21	25	37	17	31,1	24,9	37,3	31	1	1	28	30
	16	40	50	44	42	47	50	49	45	47	47	43	46								
		41	59	48	44	53	59	57	50	53	53	46	52	51,3	41,0	61,5	52	1	1	47	50
	17	35	36	35	37	36	35	37	39	40	41	37	39								
		32	33	32	35	33	32	35	39	41	42	35	39	35,7	28,5	42,8	36	1	1	32	34
Průměrná pevnost:																				47	

Zdroj: vlastní zpracování

Číslo úderu		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Průměr	Dolní mez	Horní mez	Průměr	α_t	α_w	R _{be} [MPa]	Upřesněné R _{be} [MPa]
Čelní zed'	1	41	40	40	45	40	41	43	37	43	53	39	43								
		42	41	41	50	41	42	46	35	46	65	39	46	44,5	35,6	53,4	43	1	1	39	51
	2	41	44	42	41	41	45	48	45	43	51	43	45								
		42	48	44	42	42	50	55	50	46	61	46	50	48,0	38,4	57,6	47	1	1	42	55
	3	43	41	37	39	49	41	37	37	39	45	37	37								
		46	42	35	39	57	42	35	35	39	50	35	35	40,8	32,7	49,0	38	1	1	34	45
	4	45	45	47	45	45	47	43	46	42	47	45	40								
		50	50	53	50	50	53	46	52	44	53	50	41	49,3	39,5	59,2	49	1	1	44	58
	5	44	36	46	37	39	41	47	46	41	40	42	41								
		48	33	52	35	39	42	53	52	42	41	44	42	43,6	34,9	52,3	44	1	1	39	52
	6	40	43	41	40	40	42	38	49	42	39	37	46								
		41	46	42	41	41	44	37	57	44	39	35	52	43,3	34,6	51,9	41	1	1	37	48
	7	40	45	56	46	52	51	47	53	52	49	49	47								
		41	50	71	52	63	61	53	65	63	57	57	53	57,2	45,7	68,6	57	1	1	52	68
	8	47	53	45	49	56	51	49	56	47	53	56	41								
		53	65	50	57	71	61	57	71	53	65	71	42	59,7	47,7	71,6	61	1	1	55	72
	9	57	57	56	63	58	57	59	52	46	56	43	53								
		73	73	71	85	75	73	77	63	52	71	46	65	68,7	54,9	82,4	71	1	1	64	84
	10	56	44	59	51	53	56	53	59	59	50	44	55								
		71	48	77	61	65	71	65	77	77	59	48	69	65,7	52,5	78,8	69	1	1	62	82
	11	60	45	55	57	59	47	55	45	50	49	47	53								
		79	50	69	73	77	53	69	50	59	57	53	65	62,8	50,3	75,4	62	1	1	56	74
	12	63	47	62	43	49	51	49	48	53	53	53	55								
		85	53	83	46	57	61	57	55	65	65	65	69	63,4	50,7	76,1	61	1	1	55	72
	13	61	58	53	52	61	49	51	53	47	59	51	55								
		81	75	65	63	81	57	61	65	53	77	61	69	67,3	53,9	80,8	66	1	1	59	78
	14	41	35	31	49	51	40	45	56	47	45	38	45								
		42	32	25	57	61	41	50	71	53	50	37	50	47,4	37,9	56,9	48	1	1	43	56
	15	55	51	50	50	47	55	49	47	52	55	54	48								
		69	61	59	59	53	69	57	53	63	69	67	55	61,2	48,9	73,4	61	1	1	55	72
	16	47	42	53	48	43	47	48	44	48	50	45	51								
		53	44	65	55	46	53	55	48	55	59	50	61	53,7	42,9	64,4	53	1	1	47	62
	17	38	41	42	42	44	46	42	47	36	48	50	42								
		37	42	44	44	48	52	44	53	33	55	59	44	46,3	37,0	55,5	47	1	1	43	57
Průměrná pevnost:																					64

Zdroj: vlastní zpracování

Příloha 5: Schematický příčný řez mostu 50 – 023



Zdroj: vlastní zpracování